



Mariana Silveira Botelho da Costa Simões

Licenciada em Ciências de Engenharia Mecânica

Estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins,
Professor Auxiliar, FCT-UNL - DEMI

Co-orientador: Engº Mauro Alexandre de Ramos Marmé, Engenheiro
de Métodos, Centralcer, Departamento da Manutenção,
Sociedade Central de Cervejas, S.A.

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António José Freire Mourão, Professor Associado, FCT-UNL

Arguentes: Engº Sérgio Apóstolo Chonita, Maintenance & Utilities Manager at The
Heineken Company da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.
Profª Doutora Helena Vítorovna Guitiss Navas, Professora Auxiliar,
FCT-UNL

Vogal: Prof. Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins, Professor
Auxiliar, FCT-UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Abril, 2018

Mariana Silveira Botelho da Costa Simões

Licenciada em Ciências de Engenharia Mecânica

Estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins,
Professor Auxiliar, FCT-UNL - DEMI

Co-orientador: Eng^o Mauro Alexandre de Ramos Marmé, Engenheiro
de Métodos, Centralcer, Departamento da Manutenção,
Sociedade Central de Cervejas, S.A

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António José Freire Mourão, Professor Associado, FCT-UNL

Arguentes: Eng^o Sérgio Apóstolo Chonita, Maintenance & Utilities Manager at The
Heineken Company da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.

Prof^a Doutora Helena Vítorovna Guitiss Navas, Professora Auxiliar,
FCT-UNL

Vogal: Prof. Doutor Rui Fernando dos Santos Pereira Martins, Professor
Auxiliar, FCT-UNL

Abril, 2018

Estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento

Copyright © Mariana Silveira Botelho da Costa Simões

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

In the middle of difficulty lies opportunity.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho. Entre os quais, agradeço em especial:

Ao meu orientador, Prof. Doutor Rui Martins, pelo acompanhamento efetuado ao longo do trabalho, o tempo disponibilizado, tanto em reuniões na FCT como em reuniões na empresa, o interesse e entusiasmo relativamente a um tema proposto e por todas as sugestões e correções propostas.

Ao meu co-orientador, Eng^o Mauro Marmé, por me ambientar à empresa, dar a conhecer as condições necessárias para realizar este trabalho, a nível de pessoas, equipamento e normas de segurança, pela transmissão de conhecimento e acompanhamento ao longo das diferentes fases deste trabalho.

À Sociedade Central de Cervejas, por ter proporcionado a realização de um estágio curricular, do qual foi desenvolvido o presente estudo; em especial aos colegas do gabinete de preparação pela entreajuda, disponibilidade e boa disposição demonstrada.

Aos colegas da Faculdade, que me apoiaram neste caminho, em especial à Rita que me acompanhou neste percurso desde o primeiro dia de praxe, pela paciência, pela motivação e empenho ao longo destes anos.

Aos meus pais e irmã, pelo afeto e apoio demonstrado, pela motivação e otimismo transmitido e pela preocupação atenta durante o período da minha formação universitária e da realização do presente trabalho.

RESUMO

Esta dissertação descreve o estudo de uma análise de falha realizado numa válvula de enchimento de uma enchedora de garrafas de uma Cervejeira. A enchedora é um equipamento de 1996 e está colocada numa linha de enchimento constituída por diversos equipamentos, liderando a cadência de produção. Qualquer falha existente tanto na enchedora, como noutro equipamento, irá afetar a linha de enchimento por um todo.

A falha mencionada impede o funcionamento correto da válvula de enchimento, o que requer a paragem de produção e a abertura da válvula para solucionar o problema existente. Esta falha provoca tanto a existência de garrafas vazias como a de garrafas a transbordar, que são automaticamente rejeitadas, causando desperdício de cerveja e despesa monetária decorrente da paragem da linha de produção e da substituição de componentes, as quais poderiam ser evitadas. Uma vez que a enchedora enche 64000 garrafas por hora e tem 120 válvulas de enchimento, uma falha destas, leva à rejeição de cerca de 530 garrafas, em apenas uma hora.

A falha consiste no depósito de resíduos caramelizados dentro da válvula de enchimento, numa zona onde apenas deveria circular ar, resultando no mau funcionamento de uma mola de compressão. Até concluir como era criado esse depósito, foram realizados testes suportados por diversas hipóteses, mediante a aplicação do método de *Kaizen*, que permite seguir uma metodologia consistente para a obtenção de resultados.

A resolução do problema descrito foi obtida com uma proposta de melhoria, que consiste na modificação de uma peça constituinte da válvula de enchimento, de modo a que a enchedora funcione corretamente e evitando perdas.

Palavras-chave: análise de falha, válvula de enchimento, enchedora de garrafas, ensaios experimentais, melhoria de componente.

ABSTRACT

This paper describes a failure analysis carried out in a filling valve of a bottle filler from a brewery. The filler is an equipment from 1996 and is located in a packaging line in which several equipment are a part of it, and the filler leads the production cadence. Hence, any malfunctioning or failure on either the filler, or other equipment, will affect the entire packaging line.

The failure herein presented prevents the filling valve to perform accurately, requiring stopping the production line and opening the filling valve to solve the problem. The failure leads to empty and even over flooding bottles, which are subsequently rejected from the filling line, causing a monetary waste that could be saved. Since the filler works 64 000 bottles per hour and has 120 filling valves, the failure of one filling valve could lead to near 530 bottles rejected in one hour.

The failure relies on the existence of a solid residue deposit inside an area of the filling valve where it should only circulate compressed air, resulting in a malfunction of a compression spring. Until it was reached the conclusion on how the deposit was created, there were made several trials to eliminate a variety of hypothesis, through the application of the *Kaizen* method, which allows to follow a consistent method to obtain results.

The problem was solved by a proposal to modify a component of the filling valve, so that the filler functions correctly and avoiding losses.

Keywords: failure analysis, filling valve, beer filler, experimental tests, component's redesign.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE MATÉRIAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIX
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	XXI
1 INTRODUÇÃO	- 1 -
1.1 OBJETIVOS.....	- 2 -
1.2 METODOLOGIA DE ESTUDO	- 2 -
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	- 2 -
2 SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS	- 5 -
2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	- 5 -
2.2 PROCESSO DE FABRICO DE CERVEJA.....	- 6 -
2.3 PORTEFÓLIO DA SCC.....	- 8 -
2.4 METODOLOGIA DE MELHORIA CONTÍNUA DA SCC	- 10 -
3 ESTADO DA ARTE.....	- 11 -
3.1 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE.....	- 12 -
3.2 PILARES DO TPM.....	- 13 -
3.3 FERRAMENTAS AUXILIARES	- 15 -

3.3.1	Método Kaizen.....	- 15 -
4	ENVOLVENTE.....	- 19 -
4.1	LINHA DE ENCHIMENTO DE GARRAFAS.....	- 19 -
4.2	ENCHEDORA DE GARRAFAS.....	- 22 -
4.3	VÁLVULA DE ENCHIMENTO	- 28 -
4.4	ACOMPANHAMENTO DAS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO	- 35 -
5	ANÁLISE DA FALHA	- 37 -
5.1	DESCRIÇÃO DA FALHA.....	- 39 -
6	INVESTIGAÇÃO DECORRENTE DA FALHA.....	- 45 -
6.1	VISUALIZAÇÃO DA MEMBRANA AMPLIADA.....	- 47 -
6.2	ENSAIO DA MEMBRANA EM LABORATÓRIO	- 48 -
6.3	VERIFICAÇÃO DA ESTANQUEIDADE DA MEMBRANA	- 49 -
6.4	INSERÇÃO DE UM ORIFÍCIO DE ESCAPE FRONTAL.....	- 50 -
6.5	RESTAURAÇÃO DA CONDIÇÃO BÁSICA DO VEIO COMPLETO	- 52 -
6.6	RESTAURAÇÃO DA CONDIÇÃO BÁSICA DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO	- 53 -
6.7	REFORÇO DA SECÇÃO PERIFÉRICA DA MEMBRANA	- 54 -
6.8	VÁLVULAS DE ENCHIMENTO COM TROCA DE PEÇA CÓNICA.....	- 57 -
6.9	VÁLVULA DE ENCHIMENTO COM PEÇA CÓNICA ALTERADA: DUPLO RETENTOR	- 58 -
6.10	VÁLVULA DE ENCHIMENTO COM PEÇA CÓNICA ALTERADA: COLOCAÇÃO DE DIQUE ELÁSTICO	- 59 -
6.11	VÁLVULA DE ENCHIMENTO COM PEÇA CÓNICA ALTERADA: MEMBRANA	- 61 -
7	MODIFICAÇÃO PROPOSTA	- 63 -
7.1	ENSAIO PILOTO	- 63 -
7.2	ANÁLISE DE CUSTOS.....	- 66 -
8	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	- 69 -
9	CONCLUSÕES.....	- 73 -
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 75 -
	ANEXOS.....	- 79 -
	ANEXO A – EXEMPLO DE UMA LUP	- 81 -
	ANEXO B – EXEMPLO DE UMA AUDITORIA 5S.....	- 82 -
	ANEXO C – FORMULÁRIO KAIZEN	- 83 -
	ANEXO D – LAYOUT LINHA DE ENCHIMENTO	- 84 -

ANEXO E – ESTRUTURA DA ENCHEDORA EM SAP PM.....	- 85 -
ANEXO F - DESENHO TÉCNICO DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO (VISTA LATERAL)	- 87 -
ANEXO G - DESENHO TÉCNICO DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO (VISTA FRONTAL)	- 88 -
ANEXO H – KAIZEN AVARIA EM ESTUDO	- 89 -

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - EVOLUÇÃO DA GARRAFA SAGRES.....	- 6 -
FIGURA 2.2 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MALTE E DE CERVEJA.....	- 8 -
FIGURA 2.3 - PORTEFÓLIO SCC.....	- 8 -
FIGURA 3.2 – KAI.	- 15 -
FIGURA 3.3 – ZEN.	- 15 -
FIGURA 4.1 - SEQUÊNCIA DE EQUIPAMENTOS NUMA LINHA DE ENCHIMENTO.....	- 20 -
FIGURA 4.2 - LOCALIZAÇÃO ESPACIAL DOS EQUIPAMENTOS ACOPLADOS À ENCHEDORA.	- 22 -
FIGURA 4.3 - ENCHEDORA DE GARRAFAS.....	- 23 -
FIGURA 4.4 - PERCURSO DAS GARRAFAS ATÉ À ENCHEDORA.....	- 23 -
FIGURA 4.5 - CICLO DE ENCHIMENTO DA ENCHEDORA	- 24 -
FIGURA 4.6 - PERCURSO DO VÁCUO	- 26 -
FIGURA 4.7 - PERCURSO DO CO ₂	- 26 -
FIGURA 4.8 – COMPONENTES DA ENCHEDORA.	- 26 -
FIGURA 4.9 - VÁLVULA DE ENCHIMENTO.....	- 29 -
FIGURA 4.10 – COMPONENTES.	- 30 -
FIGURA 4.11 - ESQUEMA DE CIRCULAÇÃO DO AR COMPRIMIDO.....	- 31 -
FIGURA 4.12 - PERCURSO DOS PRODUTOS UTILIZADOS DURANTE O ENCHIMENTO.....	- 31 -
FIGURA 4.13 - SATURAÇÃO DA CERVEJA POR CO ₂	- 33 -
FIGURA 4.14 – PRESSÕES EXISTENTES NAS DIVERSAS CÂMARAS DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO.....	- 34 -
FIGURA 4.15 - CIRCULAÇÃO DE CIP.....	- 35 -
FIGURA 5.1 – ASPETO DA MOLA NO INTERIOR DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO DEVIDO À OCORRÊNCIA DE FALHA.....	- 39 -
FIGURA 5.2 - GRÁFICO COM AVARIAS NA ENCHEDORA E AVARIAS POR DEPÓSITO DE RESÍDUOS.	- 40 -
FIGURA 5.3 – GRÁFICO COM A EVOLUÇÃO DAS AVARIAS DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO.....	- 41 -
FIGURA 6.1 – REPRESENTAÇÃO DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO E DOS PONTOS DE ENTRADA.....	- 45 -
FIGURA 6.2 - VISTA DETALHADA DA MEMBRANA UTILIZADA NA ENCHEDORA, AMPLIAÇÃO 20X E 400X.	- 47 -

FIGURA 6.3 – DIVERSAS MEMBRANAS APÓS TERMO DA SUA VIDA ÚTIL.....	- 47 -
FIGURA 6.4 – ENSAIO DA MEMBRANA EM LABORATÓRIO.....	- 48 -
FIGURA 6.5 – MEMBRANAS EM BANHO-MARIA A 80°C.....	- 49 -
FIGURA 6.6 - PROTÓTIPO PARA TESTE DE PRESSÕES À ESTANQUIDADE DA MEMBRANA.....	- 50 -
FIGURA 6.7 - VÁLVULA DE ENCHIMENTO.	- 51 -
FIGURA 6.8 – VEIO COMPLETO COM SUBSTITUIÇÃO DE COMPONENTES.....	- 53 -
FIGURA 6.9 – VÁLVULA DE ENCHIMENTO.....	- 54 -
FIGURA 6.10 - ANEL DE APOIO COM O-RING.	- 55 -
FIGURA 6.11 - ANEL COM O-RING - ANTES E DEPOIS.....	- 55 -
FIGURA 6.12 – ZONAS POSSÍVEIS DE PASSAGEM INAPROPRIADA DE PRODUTO NO RETENTOR.	- 55 -
FIGURA 6.13 - PROCESSO DE ENCHIMENTO.....	- 56 -
FIGURA 6.14 - BOMBA DE VÁCUO, A AZUL, RODEADA DE ESPUMA.	- 57 -
FIGURA 6.15 – APRESENTAÇÃO DA CONDIÇÃO DAS VÁLVULAS DE ENCHIMENTO COM TROCA DE PEÇA CÓNICA.....	- 58 -
FIGURA 6.16 – RETENTOR ORIGINAL E DUPLO RETENTOR.....	- 58 -
FIGURA 6.17 – POSIÇÃO IDEAL DO DIQUE NA VÁLVULA DE ENCHIMENTO.....	- 59 -
FIGURA 6.18 – DIQUE.....	- 60 -
FIGURA 6.19 – DIQUE ENSAIADO (À ESQUERDA) E DIQUE NOVO (À DIREITA).....	- 60 -
FIGURA 6.20 – PEÇA CÓNICA ANTES E DEPOIS DA MODIFICAÇÃO.....	- 61 -
FIGURA 6.21 - MEMBRANA VISTA DE TOPO E DA BASE.....	- 61 -
FIGURA 7.1 – EXEMPLO DE DUAS MEMBRANAS COM AJUSTAMENTO IRREGULAR.....	- 64 -
FIGURA 7.2 - MEMBRANAS PADRONIZADAS.....	- 64 -
FIGURA 7.3 – DESENHO TÉCNICO DA PEÇA CÓNICA ANTES E DEPOIS DA MODIFICAÇÃO PROPOSTA.....	- 65 -
FIGURA 7.4 – PEÇA CÓNICA COM A MODIFICAÇÃO PROPOSTA.....	- 65 -

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 – PRODUTOS ENCHIDOS NA SCC EM 2016.	- 9 -
TABELA 3.1 – SEIS MAIORES PERDAS.	- 13 -
TABELA 3.2 – FONTES DE PERDAS.	- 13 -
TABELA 4.1 - CIP E COP - TIPOS DE LIMPEZA.....	- 27 -
TABELA 4.2 – CARACTERÍSTICAS DA VÁLVULA DE ENCHIMENTO.	- 28 -
TABELA 4.3 - PRODUTOS UTILIZADOS E PRESSÕES DE FUNCIONAMENTO.	- 34 -
TABELA 5.1 – SISTEMATIZAÇÃO DE SINTOMAS E CAUSAS DE AVARIAS.	- 38 -
TABELA 5.2 - SISTEMATIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES E AÇÕES FUTURAS.	- 38 -
TABELA 6.1 - LOCALIZAÇÕES POSSÍVEIS DE PASSAGEM INAPROPRIADA DE PRODUTO.	- 46 -
TABELA 7.1 - CUSTOS CONTABILÍSTICOS DE MANUTENÇÃO DA FALHA EM 2016.....	- 67 -
TABELA 7.2 – VALOR DA MODIFICAÇÃO PROPOSTA POR PEÇA CÓNICA	- 68 -
TABELA 7.3 – VALOR DA MODIFICAÇÃO PROPOSTA POR PEÇA CÓNICA.....	- 68 -

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CIP	<i>Cleaning In Place</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	<i>Cleaning On Place</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
HDE	<i>Hoch Druck Einspritzung</i>
LUP	Lição Um Ponto
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OPI	<i>Operational Performance Indicator</i>
SAL	Sociedade Águas do Luso
SAP	<i>Systeme Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung</i>
SCC	Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

1 INTRODUÇÃO

O relatório WHO, 2014 (*Global status report on alcohol*) refere que globalmente 50,1% do álcool consumido é-o sob forma de bebidas espirituosas, enquanto que a cerveja corresponde a 34,8% de todo o álcool consumido no mundo. Em Portugal, duas marcas lideram o mercado de venda de cerveja; estas são a Sagres e a Super Bock. A revista *Markeeter 2016* refere que as duas marcas juntas têm quase 90% do mercado português, disputando-o ano após ano, sendo a comunicação e a qualidade do produto as duas armas fundamentais que determinam o resultado desta rivalidade comercial.

A cerveja Sagres é 100% natural e é produzida, segundo métodos tradicionais exclusivos, a partir de água, malte, cereais não maltados e lúpulo. A marca Sagres nasceu em 1940, como cerveja de prestígio, criada para representar a Sociedade Central de Cervejas, SCC, na Grande Exposição do Mundo Português (SCC, 2017). Sendo uma empresa com um grande volume de negócio, a SCC tem que estar estruturalmente preparada para corresponder às necessidades do mercado e utiliza a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), desenvolvida por Masaaki Imai (Institute K., 2017) para coordenar todas as áreas da fábrica, nomeadamente da Manutenção.

O estudo que suporta a presente dissertação incide sobre um caso de falha numa enchedora de garrafas, designadamente numa válvula de enchimento. Essa falha impede o funcionamento regular da enchedora, criando paragens e consequentemente diminuindo o rendimento da linha de produção, levando a um desperdício do produto produzido, a um custo extra em horas de produção e de manutenção, e à diminuição do potencial de volume de vendas.

1.1 Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral identificar a causa de falha numa válvula de enchimento e subdivide-se em cinco objetivos específicos, nomeadamente:

1. Analisar o funcionamento do equipamento;
2. Descobrir a proveniência da falha;
3. Especificar uma solução;
4. Implementar a solução;
5. Catalogar a solução no catálogo do equipamento.

1.2 Metodologia de estudo

Este estudo iniciou-se com a análise do funcionamento da enchedora, da linha de enchimento e da válvula de enchimento. Durante esta fase, ocorreu a revisão anual da linha de enchimento, tendo sido possível participar na restauração básica das condições de funcionamento do equipamento; durante a elaboração da tese, realizaram-se manutenções semanais à linha de enchimento.

Para a compreensão da falha, e de modo a identificar a proveniência da passagem inapropriada de produto, realizaram-se vários ensaios experimentais.

Após a identificação da causa da falha, foi proposta uma solução, a qual foi implementada no equipamento.

Ao longo da elaboração da dissertação foram também realizadas duas tarefas pedidas por parte da empresa, as quais consistiram em criar a estrutura da enchedora em SAP PM e em realizar instruções de trabalho.

1.3 Estrutura da dissertação

Capítulo 1: Introdução

Inclui-se uma breve descrição da motivação para a realização da dissertação, bem como os objetivos propostos e a metodologia de estudo.

Capítulo 2: Sociedade Central de Cervejas e Bebidas

Contém a contextualização da empresa, um breve enquadramento histórico, a descrição do processo de fabrico de cerveja, o portefólio da SCC e a metodologia utilizada.

Capítulo 3: Estado da arte

Apresenta-se uma introdução à metodologia *Total Productive Maintenance*, metodologia utilizada pela SCC; referem-se os seus pilares e descreve-se o método *Kaizen* (utilizado como ferramenta auxiliar).

Capítulo 4: Envolvente

Abrange a descrição da linha de enchimento, especificando-se o funcionamento da enchedora de garrafas, assim como o funcionamento da válvula de enchimento. Ao longo da dissertação foi mantido o anonimato do fabricante do equipamento em estudo, sendo referido apenas como fabricante.

Capítulo 5: Análise da falha

Faz-se uma introdução ao conceito de falha e descreve-se a falha existente na válvula de enchimento.

Capítulo 6: Investigação decorrente da falha

Descreve-se toda a investigação desenvolvida, relativamente ao acompanhamento da evolução da falha, assim como os ensaios experimentais realizados e respetivas conclusões.

Capítulo 7: Modificação proposta

Mencionam-se os resultados obtidos no ensaio piloto. Indica-se a solução proposta, os resultados obtidos e faz-se uma análise de custos.

Capítulo 8: Discussão de resultados

É composto pela análise e discussão dos procedimentos e respetivos resultados da investigação.

Capítulo 9: Conclusões

Reúne a informação sobre o propósito do estudo, os dados obtidos e as principais conclusões.

2 SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS

A Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S. A. assenta o seu negócio em quatro eixos fundamentais, nomeadamente: no mercado doméstico e de exportação de malte, de cerveja, de águas e de refrigerantes. Contudo, tem como foco principal a produção e comercialização de malte e cerveja. Atualmente é uma das cervejeiras que pertence ao Grupo Heineken e assume como Compromisso “ser a melhor empresa portuguesa de bebidas com um crescimento sustentado e com uma contínua melhoria da quota em valor do mercado de bebidas” e como Visão “juntos, fazemos as marcas que as pessoas preferem e adoram beber”.

A SCC engloba a Fábrica de Vialonga, onde se encontra sediada, e a Sociedade Água do Luso, S. A. (SAL). Na fábrica de Vialonga são produzidas e engarrafadas as marcas de cerveja Sagres e as suas variantes, com e sem álcool, bem como outras específicas para clientes e mercados de exportação. Relativamente à SAL, é composta pela Fábrica do Cruzeiro, onde decorre o abastecimento e comercialização de água mineral *Luso* e água de nascente *Cruzeiro* (SCC, 2017).

2.1 Enquadramento histórico

Em 1934 foi fundada a Sociedade Central de Cervejas, fruto da associação da Companhia Produtora de Malte e Cerveja Portugália, da Companhia de Cervejas Estrela, da Companhia da Fábrica de Cerveja Jansen e da Companhia de Cervejas de Coimbra. A marca Sagres nasceu em 1940, como cerveja de prestígio, criada para representar a Sociedade Central de Cervejas na Grande Exposição do Mundo Português. Anos mais tarde, em 1970,

a SCC adquire 52,5% do capital da Sociedade da Água de Luso, iniciando a comercialização dos seus produtos.

A SCC é totalmente detida pelo Grupo Heineken desde 2008, que assume as duas fábricas pertencentes à SCC. Em 2010, a Heineken lançou o programa de sustentabilidade *Brewing for a Better Future* que reflete um objetivo de longo prazo, para tornar o Grupo mais sustentável. Como parte integrante do Grupo Heineken, a SCC, delineou medidas, que intentam melhorar o impacto ambiental e social mediante a redução de consumo de água e energia, redução das emissões de CO₂, obtenção de matérias-primas de fontes sustentáveis e promoção do consumo responsável de bebidas alcoólicas.

Ao longo dos anos, a evolução da marca Sagres, desde o seu nascimento até à atualidade, foi acompanhada pelo respetivo desenvolvimento da garrafa que a embala. Na Figura 2.1 está representado o seu progresso ao longo do tempo (SCC, 2017).



Figura 2.1 - Evolução da garrafa Sagres (adaptado de SCC, 2017).

2.2 Processo de fabrico de cerveja

A produção de cerveja é um processo complexo; contudo, é efetuado metodicamente e de modo característico. Descreve-se seguidamente a sequência de processos para o fabrico de cerveja:

1. Armazenamento: a cevada é armazenada em silos, garantindo-se condições de armazenamento;
2. Molha: a cevada é imersa em tinas de molha, para fornecer água ao grão e iniciar a germinação;

3. Germinação: é o processo de desenvolvimento da semente com o crescimento da radícula (dá origem à raiz da planta) e da plúmula (dá origem ao caule);
4. Secagem: interrompe a germinação e a ação enzimática;
5. Malte: a cevada germinada e ressecada, designada de malte, é armazenada em silos para estabilização;
6. Moagem: tritura e disponibiliza os constituintes do malte;
7. Brassagem: local onde há o cozimento em água (caldas, fervura, decantação) de mistura de matérias-primas (maltes, adjuntos e lúpulo) obtendo-se o mosto;
8. Fermentação: transformação dos açúcares em álcool e dióxido de carbono por ação de levedura;
9. Guarda: repouso para maturação para melhorar as características organoléticas e turvação;
10. Filtração: retira ao mosto as proteínas precipitadas pelo frio e a levedura que passaram ao longo do processo;
11. Enchimento: o produto final é distribuído para ser realizado o enchimento de latas, garrafas ou de barris através de linhas de enchimento;
12. Armazenamento e distribuição: as embalagens finais são armazenadas e distribuídas para o mercado.

O início do processo (fases de 1 a 5) é efetuado na Malteria; a SCC, na Vialonga, é a única cervejeira nacional com Malteria interna que produz malte para consumo próprio ou para terceiros, permitindo assim um maior controle de qualidade do malte. A Figura 2.2 traduz o processo de fabricação de malte e de cerveja, acima descrito.

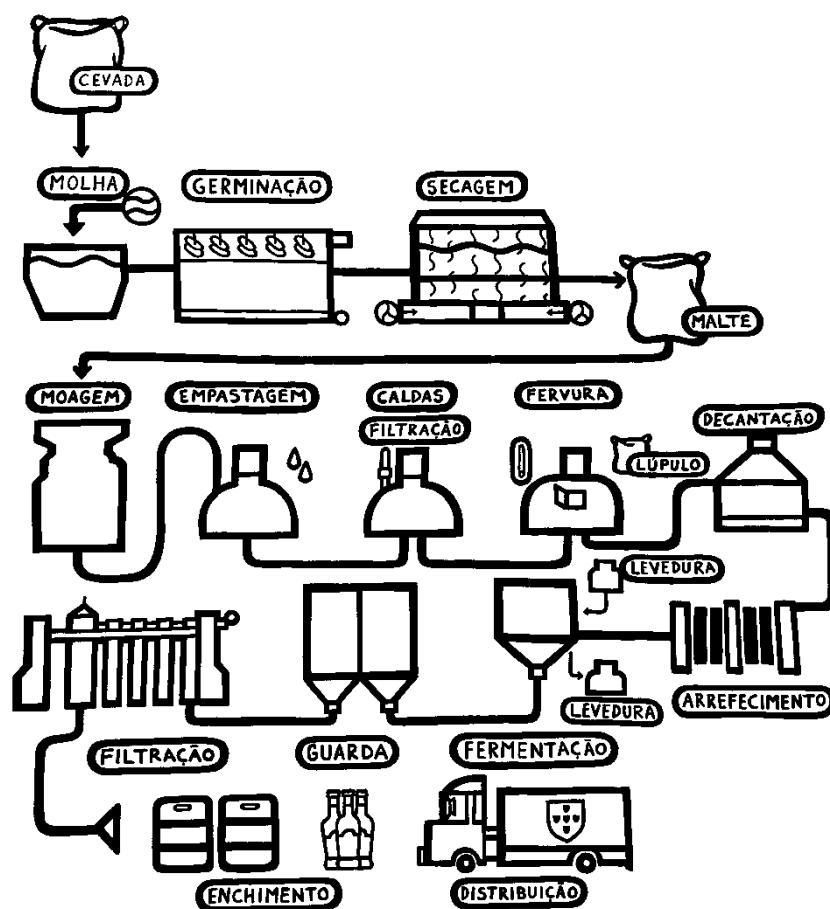


Figura 2.2 - Processo de fabricação de malte e de cerveja.

2.3 Portefólio da SCC

Em Portugal, a SCC representa algumas das mais prestigiadas marcas internacionais como Heineken, Desperados, Guinness e Affligem. Na Figura 2.3 é apresentado o portefólio completo da SCC.



Figura 2.3 - Portefólio SCC (adaptado de SCC, 2017).

Alguns destes produtos são concebidos em Vialonga; uns foram inseridos mais recentemente no mercado, outros já são considerados uma antiguidade. De seguida, indica-se cada um deles com a respetiva data de aparecimento:

- Sagres Branca | 1940
- Sagres Preta | 1940
- Sagres Branca sem álcool | 2005
- Bohemia | 2005
- Sagres Preta sem álcool | 2007
- Radler | 2013
- Strongbow | 2016
- Bandida do Pomar | 2016

A Radler, a Strongbow e a Bohemia desmultiplicam-se em vários sabores, dos quais alguns são edições especiais, sendo apenas produzidos e lançados no mercado em certas ocasiões.

Relativamente ao ano de 2016, pode ver-se na Tabela 2.1, a percentagem de cada produto enchido e, também, a quantidade em hectolitros.

Tabela 2.1 – Produtos enchidos na SCC em 2016.

	<i>% Sagres</i>	<i>% Sagres Preta</i>	<i>% Bohemia</i>	<i>% Radler</i>	<i>% Strongbow</i>
<i>%</i>	92,83	0,10	4,74	0,17	2,16
<i>hl</i>	51 556\4	371	25 906	794	12 533

2.4 Metodologia de melhoria contínua da SCC

Como foi referido anteriormente (secção 1.3), o método utilizado para o presente estudo foi o *Total Productive Maintenance* (TPM). Este método foi desenvolvido no Japão com o intuito de eliminar perdas, defeitos e avarias, promover a diminuição de custos e garantir a qualidade em processos de atividade contínua (Teixeira, 2014). Este método foi implementado na SCC, em 2004.

Anualmente, são criadas equipas relativas aos diferentes pilares do TPM, que tendem a desenvolver e implementar planos de melhoria que aumentem os indicadores de qualidade e produtividade da empresa, elevando a SCC a novos níveis de excelência.

3 ESTADO DA ARTE

Durante os primeiros anos do trabalho industrial, a manutenção rotineira dos diversos equipamentos era realizada pelo operador encarregue da manutenção preventiva, enquanto que reparações maiores eram efetuadas por um técnico ou por um especialista externo (Kiran, 2017). Porém, esperar pelo técnico para realizar uma pequena manutenção, como lubrificação ou aperto de parafusos, não era exequível pois estaria a perder-se tempo de produção. Como tal, surgiu a ideia de atribuir certas tarefas ao operador encarregue de cada equipamento, formando-o e treinando-o para tal, o que levou ao desenvolvimento da manutenção autónoma do TPM.

Total Productive Maintenance, TPM, é uma técnica desenvolvida por uma indústria Japonesa com o objetivo de providenciar uma manutenção eficaz, eficiente e, consequentemente, produtiva, em resposta às necessidades de uma indústria. É uma técnica desenvolvida na década de 1970, por Seiichi Nakajima, através da combinação de ideias de gestão e de manutenção. Foi implementada pela primeira vez no Japão, numa empresa pertencente ao grupo *Toyota*, e tem vindo a aumentar a tendência para ser adotada por indústrias Europeias, devido aos resultados obtidos comprovarem uma melhoria no desempenho das organizações (Kelly, 2006).

Com o TPM, os equipamentos são utilizados à sua máxima eficiência, eliminando-se desperdício e perdas devidas a falhas do equipamento, aumento de tempos de configuração ou velocidades reduzidas. É objetivo do TPM manter os equipamentos em boas condições, para o que é necessário realizar regularmente manutenção preventiva e corretiva. Seguindo esta metodologia, é possível minimizar falhas inesperadas dos equipamentos (Kiran, 2017).

3.1 Total Productive Maintenance

O autor do conceito, Seiichi Nakajima, definiu TPM como um processo de melhoria contínua para todos os equipamentos operacionais de um sistema de produção (Kiran, 2017). Esta melhoria contínua é alcançada através da estimulação da consciência diária dos trabalhadores em relação à sua área de trabalho. No dicionário executivo, TPM é definido como uma metodologia que garante que cada equipamento, no processo de produção, execute a sua tarefa e, consequentemente, irá obter um rendimento contínuo, sem interrupções (Business Dictionary, 2017).

Segundo (Kiran, 2017), existem diversas características associadas ao TPM:

- TPM tem como objetivo maximizar a eficiência do equipamento;
- TPM estabelece um sistema minucioso de manutenção preventiva para o equipamento;
- TPM é implementado em diversos departamentos, tais como linhas de produção, Manutenção, Engenharia, entre outros;
- TPM envolve todos os funcionários, desde a administração até aos operadores;
- TPM é baseado na promoção de manutenção preventiva através de motivação.

Com o TPM, o operador é formado para realizar diversas tarefas de manutenção e localização de falhas no dia-a-dia. Ele conhece o funcionamento do equipamento e consegue identificar avarias potenciais, reduzindo tempos de paragem e custos de produção. O operador realiza a limpeza diária do equipamento e do espaço envolvente, incluindo a lubrificação dos pontos de lubrificação. Para a resolução de avarias, são formadas equipas compostas por um técnico especialista e operadores, que atuam aplicando o método *Kaizen* (a ser descrito mais à frente).

De modo a maximizar a eficiência geral de um equipamento (*Overall Equipment Effectiveness*), é utilizada a seguinte fórmula (Kelly, 2006):

$$OEE = Disponibilidade \times Taxa \ de \ desempenho \times Taxa \ de \ qualidade$$

A eficiência é alcançada através da eliminação das seis maiores perdas, ilustradas na Tabela 3.1: redução de perdas por tempos de paragem, aumentando a disponibilidade do equipamento; redução das perdas de velocidade, aumentando a taxa de desempenho; e

redução das perdas por defeito, aumentando a taxa de qualidade. O presente estudo esteve focado numa falha de uma válvula de enchimento, que tinha como consequência a diminuição da sua eficiência por diminuição quer da taxa de disponibilidade quer da taxa de qualidade, afetando o rendimento total da linha de produção.

Tabela 3.1 – Seis maiores perdas (adaptado de Kelly, 2006).

Perdas por tempos de paragem	Perdas de velocidade	Perdas por defeito
<u>Avarias:</u> - Perdas causadas por paragens inesperadas	<u>Marcha lenta reduzida e paragens pequenas:</u> - Perdas causadas pela operação de sensores e bloqueio de células	<u>Defeitos no processo:</u> - Produção de defeitos e retrabalho de correção de defeitos
<u>Configurações e ajustamentos:</u> - Perdas devido à mudança de formato e devido às folgas existentes	<u>Velocidade reduzida:</u> - Devido a discrepâncias entre velocidades projetadas e reais	<u>Redução do rendimento:</u> - Perdas que ocorrem entre o arranque do equipamento e a produção estabilizada

3.2 Pilares do TPM

O TPM possibilita, numa organização, a criação de equipas para cada departamento. Estas equipas designam-se como pilares e constituem um elo de ligação entre os órgãos governativos e as equipas de implementação. Cada pilar tem objetivos estratégicos adaptados à sua área, focando-se sempre na redução e eliminação de perdas (Teixeira, 2014). As perdas podem ter origem em quatro fontes, apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Fontes de perdas (adaptado de Cabral, 2006).

Equipamento	Mão-de-obra	Materiais	Recursos
Falhas e quebras Início e fim de produção Paragens imprevistas Paragens programadas Qualidade <i>Setup</i> e ajustes Velocidade	Desorganização da linha de produção Flexibilidade operacional Gestão Logística Medições	Material Ferramentas Produto final	Energia

Kiran (2017) designa os oito pilares do TPM como: Melhoria específica; Manutenção planeada; Controlo inicial; Educação e treino; Manutenção autónoma; Manutenção da qualidade; Áreas administrativas; e Segurança e meio ambiente.

O pilar Melhoria específica operacionaliza a criação de equipas de melhoria com o intuito de reduzir falhas e otimizar processos, através da aplicação de metodologias de melhoria contínua. As ações destas equipas constam de identificar pontos críticos e causas de falha, elaborar propostas de melhoria e estabelecer condições ideais do equipamento.

O pilar Manutenção planeada foca-se no aumento da disponibilidade do equipamento e na redução de paragens das máquinas e tem como atividades inerentes a manutenção preditiva, a inspeção periódica, a realização de melhorias e a inspeção de sobressalentes (Coelho, 2008).

O pilar Controlo inicial estabelece um sistema de lançamento de produção de um novo produto, ou mesmo, de um novo equipamento, num tempo mínimo de implementação.

O pilar Educação e treino consiste na formação de operadores autónomos, que tenham competências de manutenção autónoma, mediante a promoção dessas competências através de ações de formação efetuadas por técnicos especialistas. Esta atividade permite que seja possível a prevenção e, se necessário, solução, de avarias existentes.

O pilar Manutenção autónoma é aplicado por operadores que tenham completado ações de formação para a realização de uma manutenção constante do equipamento e do local de trabalho, de modo a que estes estejam sempre em boas condições, e haja aumento do seu tempo de vida. Para tal, é necessário que sejam criadas condições que possibilitem estas tarefas, estabelecer padrões para a identificação de perdas e elaborar medidas rotineiras de controlo (Teixeira, 2014).

O pilar Manutenção da qualidade baseia-se no estabelecimento de condições dos equipamentos que impeçam a ocorrência de defeitos, de modo a garantir a qualidade máxima do produto produzido, evitando o abate deste devido a perdas (Venkatesh, 2007).

O pilar Áreas administrativas tem o objetivo de realizar um trabalho eficiente que elimina perdas (Kiran, 2017), definindo as condições ideais da implementação do TPM e de funcionamento de cada pilar.

O pilar Segurança e meio ambiente promove um espaço de trabalho seguro e saudável, onde não ocorrem acidentes, são procuradas e otimizadas áreas problemáticas, sinalizando-as

devidamente, ou eliminando-as, e são realizadas atividades que protegem o meio ambiente, como a utilização sustentável de recursos ambientais e energéticos e a criação de ambientes limpos e sem poluição.

3.3 Ferramentas auxiliares

O TPM utiliza diversas ferramentas que envolvem diferentes metodologias. Essas metodologias são baseadas no conceito de *brainstorming*, isto é, estes métodos são desenvolvidos através de uma dinâmica de grupo utilizada para resolver problemas específicos, desenvolver novas ideias e projetos, juntar informação e estimular o pensamento criativo. Das ferramentas auxiliares do TPM, é, seguidamente, descrito o Método *Kaizen*, método bastante utilizado dentro da SCC.

3.3.1 Método *Kaizen*

Kaizen é uma palavra japonesa proveniente da junção de duas palavras, *Kai* e *Zen*, Figura 3.2 e 3.3, em que *Kai* significa mudar e *Zen* significa melhor. Através da junção destas duas palavras obtém-se a filosofia do método *Kaizen*, ou seja, de melhoria contínua (Institute K., 2015).



Figura 3.1 – Kai.

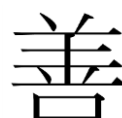


Figura 3.2 – Zen.

Segundo Imai (1986), o método *Kaizen* começa com a deteção de necessidades e a definição do problema existente. Este autor diz, ainda, que o ponto de partida para a melhoria é reconhecer a necessidade que advém da constatação de um problema, pois se nenhum problema for entendido como tal, não há reconhecimento da necessidade de melhoria. De acordo com este pressuposto, Imai pretende que haja primeiro, obrigatoriamente, o reconhecimento de um problema, através de uma necessidade, para poder existir uma melhoria para o mesmo. Esta metodologia melhora a eficiência, a produtividade e a competitividade, incidindo sobre a melhoria contínua dos processos de fabrico, engenharia,

gestão de negócios, entre outros. Tem, como premissa: “Hoje, melhor que ontem; amanhã, melhor que hoje!”.

Moore (2007) indica que o primeiro objetivo do método *Kaizen* é alcançar, simultaneamente, excelência na qualidade, no custo e na entrega, procurando reduzir desperdício, variabilidade, tempos de ciclo e melhorar o desempenho geral. É um método sem custos próprios, de baixo risco e subtil.

Este método é promovido através da criação de pequenas equipas, a todos os níveis da organização, que são encorajadas a encontrar soluções para problemas existentes, de forma a alcançar zero avarias. Com estas equipas, é possível identificar problemas potenciais antes que estes afetem o rendimento de produção, e, ao fazê-lo, diminuir os tempos de paragem e os custos de produção. Para (Moore, 2007), estas equipas devem ser constituídas essencialmente por operadores, que são quem trabalha diretamente com o equipamento e têm maior conhecimento desse trabalho.

Para a resolução de avarias na SCC é aplicado o método *Kaizen*, existindo um formulário, Anexo C, para facilitar o planeamento dos diversos passos a realizar, nomeadamente:

1. Tema de melhoria
2. Membros da equipa
3. Tipo de perda
4. Desdobramento da perda
5. Descrição do problema/Modo de falha
6. Objetivos
7. Planeamento
8. Detalhe do problema e análise
9. Plano de ação
10. Resultados/Poupança/Erradicação de perda
11. Padronização
12. Ações futuras/Expansão horizontal

A definição do tema (1) é baseada no problema que se irá resolver, onde se compõe uma equipa (2) para poder descobrir a causa e, posteriormente, a solução, do problema. Idealmente a equipa deve ser multidisciplinar, composta por membros com diferentes competências, para conseguir alcançar diferentes áreas e abranger diversos conhecimentos. Relativamente ao tipo de perda (3), esta pode ser uma avaria, uma pequena paragem, uma mudança de formato, um tempo de limpeza, energia, uma quebra de material, uma reclamação, um defeito, um acidente, um incidente ou um quase acidente. Após definir o tipo de perda, explica-se o porquê da escolha através do desdobramento da perda (4). Uma vez definida a causa da realização do *Kaizen*, faz-se a descrição deste que deve conter o modo de falha (5). Assim, também se define o objetivo (6) do *Kaizen*, bem como o planeamento das atividades (7), que deve contemplar a descrição do problema, restauração da condição básica, análise da causa raiz, implementação de ações, o seu seguimento, padronização e treino. De forma a ser minucioso ao preencher o detalhe do problema (8), este é questionado cinco vezes com o intuito de alcançar o problema raiz, com a respetiva ação corretiva e preventiva realizada para cada, referindo a cada porquê se as hipóteses propostas foram verificadas ou não. No plano de ação (9) são listadas as ações realizadas ao longo da realização do *Kaizen*, bem como quem a realizou, a data do planeamento e a data da sua execução. Uma vez descoberta a raiz do problema, calcula-se a poupança (10) que irá decorrer da erradicação do problema. Finaliza-se com a padronização (11) da solução do problema (por exemplo, expandir para equipamentos ou atualizar o catálogo com desenhos técnicos novos), e com as respetivas ações futuras a realizar (12); a partilha das boas práticas e o encaminhamento do problema/solução para outra área também são incentivadas.

Ao seguir os passos deste método, é possível analisar os problemas com maior detalhe e evitar a má interpretação de resultados ou o estudo inadequado dos problemas existentes.

4 ENVOLVENTE

A falha em estudo encontrava-se em válvulas de enchimento, isto é, num componente de uma enchedora de garrafas. De modo a analisar a válvula de enchimento, foi necessário analisar o funcionamento da enchedora de garrafas e da linha de enchimento. De seguida, é descrita a envolvente da válvula de enchimento, explicitando as características e o funcionamento de uma linha de enchimento e de uma enchedora de garrafas.

4.1 Linha de enchimento de garrafas

O equipamento em estudo (válvula de enchimento) encontra-se na Linha 1, linha que contém um conjunto de equipamentos com uma cadência de produção muito alta. Como tal, é uma linha bastante solicitada, apresentando um elevado rendimento. É uma linha *one way*, ou seja, o vasilhame utilizado nesta linha de enchimento é novo. No Anexo D encontra-se o *layout* dessa linha, contendo todos os seus equipamentos e os transportadores que fazem a união entre eles. Na Figura 4.1 é possível identificar a sequência de equipamentos numa linha de enchimento.

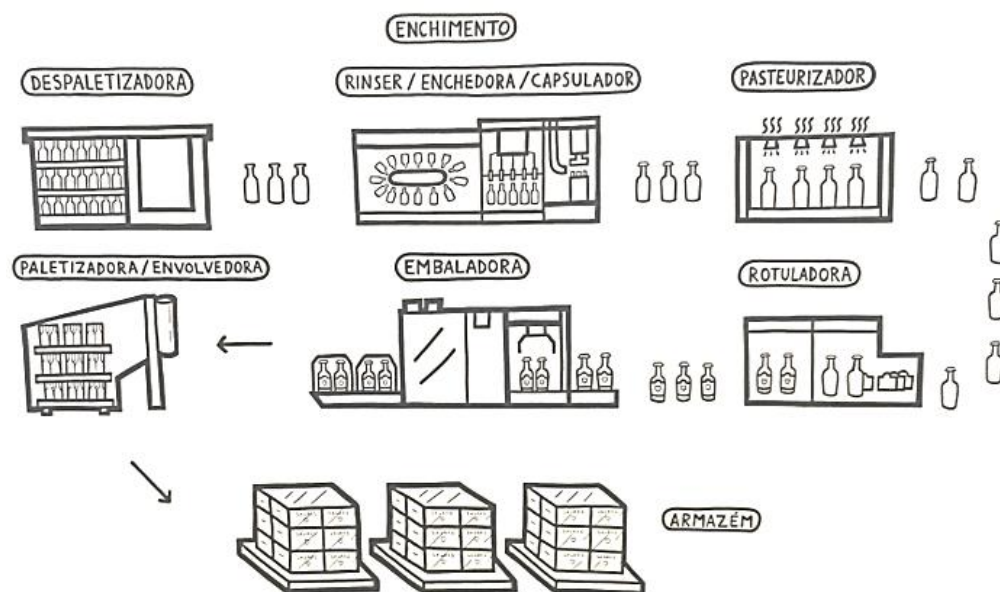


Figura 4.1 - Sequência de equipamentos numa linha de enchimento.

De seguida, é apresentada a lista desses equipamentos, pela ordem do seguimento da linha, bem como uma descrição sumária das suas funções:

- Despaletizadora - equipamento que remove as garrafas da paleta, colocadas em camadas, colocando-as no transportador;
- Lavadora de garrafas (Rinser) - equipamento rotativo que lava as garrafas provenientes do transportador, utilizando água e ar para a sua lavagem;
- Enchedora de garrafas - equipamento rotativo que enche garrafas, de forma sistemática, com um determinado produto. Contém associado um sistema de injeção de alta pressão essencial para o processo de enchimento;
- HDE, Hoch Druck Einspritzung (Injeção de Alta Pressão) - jato de água quente destinado a espumar o produto, fazendo com que este saia do gargalo da garrafa, para posteriormente ser capsulada. Este passo é efetuado de modo a retirar todo o oxigénio existente na garrafa, pois este oxida o produto, deteriorando-o;
- Capsulador - equipamento rotativo que coloca a cápsula (“carica”) quando a garrafa está a espumar produto. A seguir a este equipamento encontra-se o inspetor de nível e cápsula, que verifica o nível do produto dentro da garrafa e confirma se a cápsula ficou bem colocada. Caso algum destes dois aspetos não esteja conforme os

parâmetros, o equipamento tem um mecanismo que retira a garrafa da linha de produção e a transpõe para o transportador de rejeição;

- Pasteurizador - equipamento que pasteuriza garrafas já capsuladas eliminando micro-organismos nocivos que possam alterar o produto;
- Rotuladora - equipamento rotativo que coloca o rótulo, contra-rótulo e a gargantilha na garrafa. Contém um laser que marca a validade do produto no rótulo. A seguir a este equipamento encontra-se um inspetor igual ao previamente referido, com a finalidade de verificar o rótulo, contra-rótulo e gargantilha, a respetiva posição ou a falta destes. Tem um método de rejeição semelhante ao anterior;
- Embaladora 1 - equipamento que embala conjuntos de garrafas, colocando cartão à sua volta, formando caixas ou tabuleiros com garrafas;
- Embaladora 2 - equipamento que adicionalmente empacota garrafas em *packs* e *baskets*. O seu funcionamento é dependente da embaladora precedente para posteriormente formar caixas ou tabuleiros com *packs* e *baskets*; A seguir a este equipamento encontra-se o inspetor de caixas, que verifica se o cartão da caixa envolvente fica bem colocado. Contém, um mecanismo de rejeição caso algum cartão não esteja de acordo com os parâmetros;
- Paletizadora - equipamento que coloca as caixas e tabuleiros em várias camadas em cima de uma palete. Antecedendo este equipamento existe uma mesa divisória, que divide em partes iguais as caixas e tabuleiros provenientes do transportador, encaminhando-os para a paletizadora, o que otimiza a cadência de produção;
- Envolvedora - equipamento que envolve a palete de caixas ou tabuleiros com película aderente, mantendo-as estáveis e fixas à palete.

A válvula de enchimento é um componente que pertence à enchedora, equipamento principal de uma linha de enchimento, que define a cadência de produção da linha. A enchedora em estudo possui 120 válvulas de enchimento e permite encher 64 000 garrafas por hora. Apresenta uma grande versatilidade, que possibilita o enchimento de garrafas com dimensões e capacidades distintas, tais como a Sagres Mini (0,25L), a Strongbow (0,25L) e Bohemia (0,33L) cujas dimensões diferem da Sagres (0,33L).

Existem quatro equipamentos associados à enchedora, estando todos interligados mecanicamente através de transmissões. Como tal, sempre que a enchedora está em funcionamento, ou quando pára, o mesmo acontece com os equipamentos adjacentes. Estes estão inseridos na linha pela seguinte ordem: lavadora de garrafas, enchedora, HDE e capsulador, como se pode verificar na Figura 4.2, assim como no Anexo D, em que estão assinalados a vermelho.

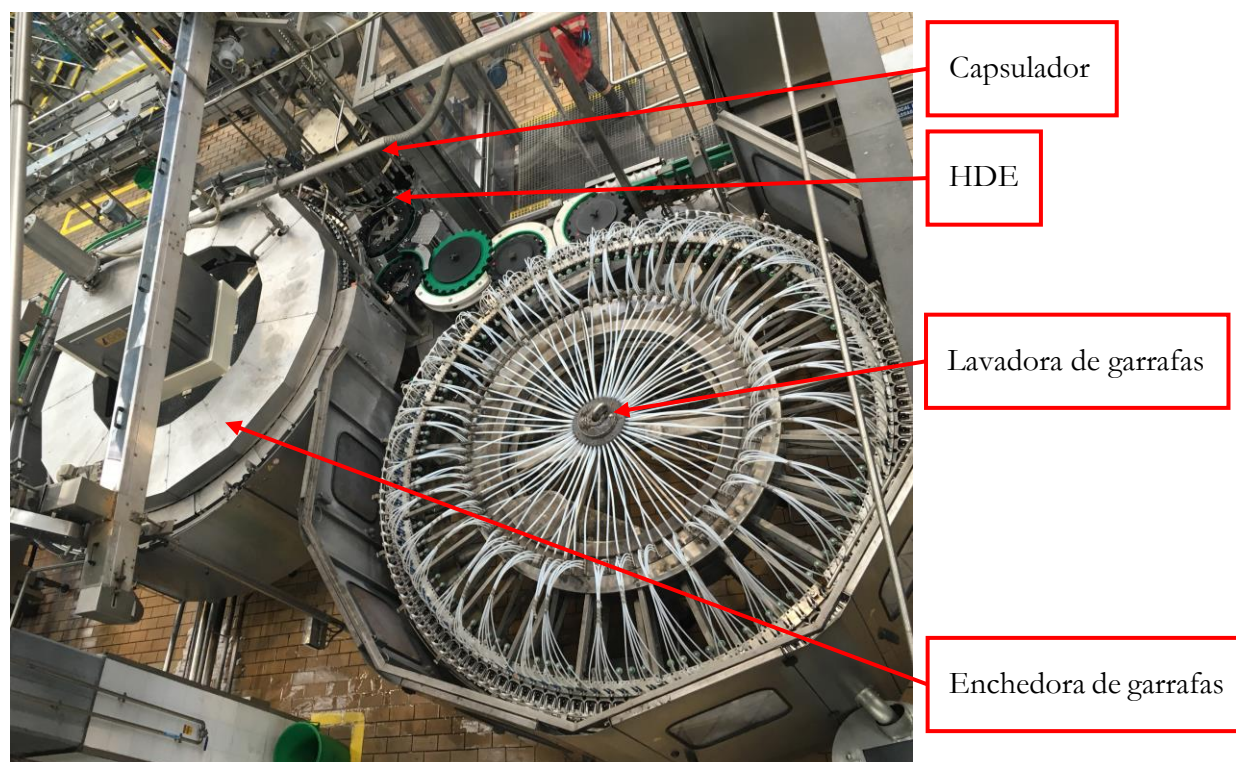


Figura 4.2 - Localização espacial dos equipamentos acoplados à enchedora.

4.2 Enchedora de garrafas

Uma enchedora de garrafas é um equipamento utilizado para conter grandes quantidades de produtos líquidos como água, refrigerantes, vinho e cerveja (Rahaman, 2008). No presente trabalho foi estudada uma enchedora de cerveja (Figura 4.3). Ao analisá-la, é possível concluir que é um equipamento bastante complexo. Para compreender o seu funcionamento, recorreu-se a catálogos e listas de peças (Fabricante, 1996), alternando com visitas ao terreno, de modo a identificar detalhadamente todos os seus componentes.



Figura 4.3 - Enchedora de garrafas.

As garrafas são inseridas na lavadora através de um sem-fim que as espaça umas das outras (Figura 4.4); são direcionadas através da roda de posicionamento e, de seguida, são levantadas por um suporte e lavadas. Posteriormente, são levadas por um conjunto de rodas de posicionamento que as posicionam na enchedora. De seguida, o cilindro de elevação levanta a garrafa fixando-a à válvula de enchimento para esta começar a encher.

Para iniciar o enchimento, o produto é inserido na cuba enchedora através de condutas que provêm da filtração (Processo de fabrico, Ponto 10) até ao interior da cuba. Posteriormente, através da pressão de CO₂, o produto é direcionado para as válvulas de enchimento, que irão encher as garrafas.

Após o enchimento, as garrafas são levadas para o capsulador onde são encapsuladas. Outra roda de posicionamento situa-se no fim do capsulador que transfere as garrafas para o transportador (Ridgway, 1999). A Figura 4.4 ilustra esta sequência.



Figura 4.4 - Percurso das garrafas até à enchedora.

De forma a compreender o funcionamento de uma válvula de enchimento, é necessário analisar o processo de enchimento e como este se realiza. De seguida, é apresentado o ciclo de enchimento da enchedora. A Figura 4.5 mostra esta sequência esquematicamente.

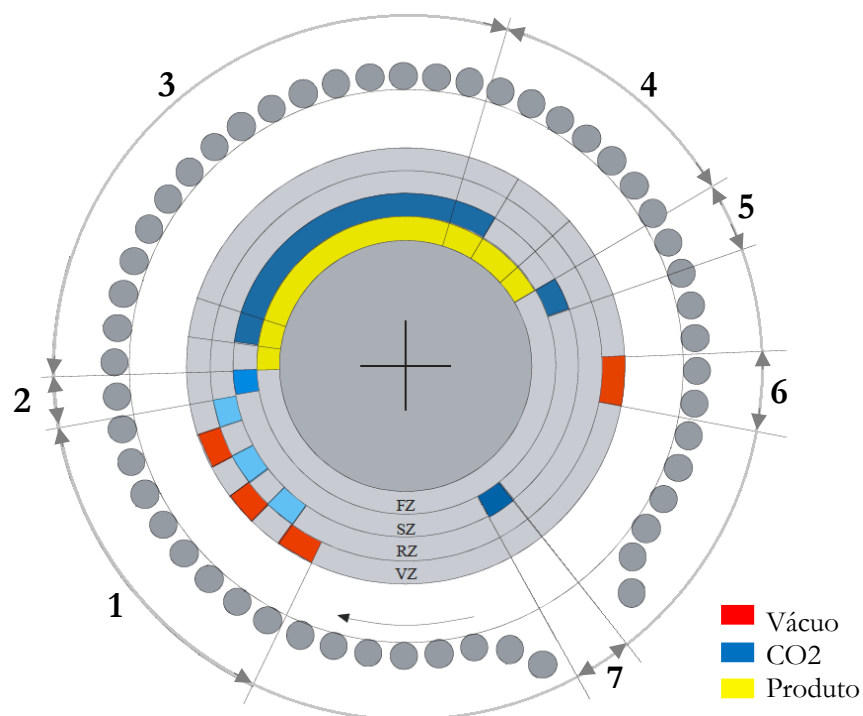


Figura 4.5 - Ciclo de enchimento da enchedora (adaptado de Fabricante, 2013).

Na Figura 4.5 pode-se observar uma representação do ciclo de enchimento, onde cada pequeno círculo a cinzento corresponde a uma garrafa acoplada a uma válvula de enchimento. A enchedora tem um movimento rotativo, no sentido dos ponteiros do relógio e tem uma cadência de produção de 64 mil garrafas por hora. Descreve-se seguidamente a sequência de sete etapas do ciclo de enchimento:

1. Acionamento de vácuo no interior da garrafa (representado a vermelho) seguido de injeção de CO₂ (representado a azul claro), para esterilizar a garrafa. Esta sequência é efetuada por três vezes;
2. Nova injeção de CO₂ (representado a azul escuro), de modo a pressurizar a garrafa, para se proceder ao enchimento através do equilíbrio de pressões;

3. Enchimento do produto (representado a amarelo) que é acompanhado pela recolha de CO₂ (representado a azul escuro) à medida que o produto ocupa a garrafa, o que é realizado idealmente a uma temperatura entre 5 a 10°C, dependendo da temperatura exterior;
4. Existe o primeiro contacto com a sonda da válvula de enchimento, sendo desligado o CO₂ e iniciado o enchimento temporizado. Ao fim deste período ocorre o segundo contacto com a sonda da válvula de enchimento, que determina o início do enchimento corretivo temporizado, finalizando a fase de enchimento;
5. É acionado CO₂ para acalmar a espuma que se pode ter criado durante o processo de enchimento;
6. O ciclo de enchimento finaliza com vácuo para despressurizar a garrafa antes da sua saída;
7. Na zona onde não se encontram garrafas, existe um passo *snifting* (como que um sopro), que liberta CO₂ para a limpeza da sonda que se encontra dentro da válvula de enchimento.

Conforme foi referido, a esterilização da garrafa (Figura 4.5, Ponto 1) é realizada através da geração de vácuo e injeção de CO₂, para retirar todo o oxigénio na garrafa pois este iria oxidar o produto, alterando-o. Este processo é realizado por três vezes. O vácuo e o CO₂ não são expelidos para a atmosfera pois a garrafa está fixa à campainha da válvula de enchimento, através do cilindro de elevação. Estes são encaminhados para a garrafa pelo interior do veio, como se pode verificar na Figura 4.6 e na Figura 4.7, em que a numeração é referente à válvula de vácuo (1) e às válvulas de CO₂ (2 e 3).

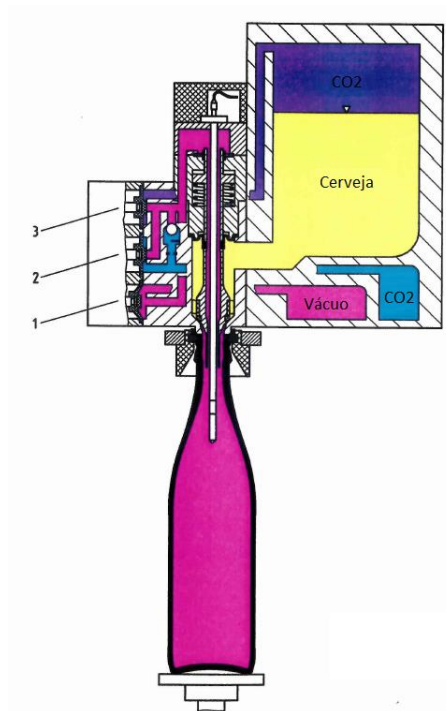


Figura 4.6 - Percurso do vácuo (adaptado de Fabricante, 1996).

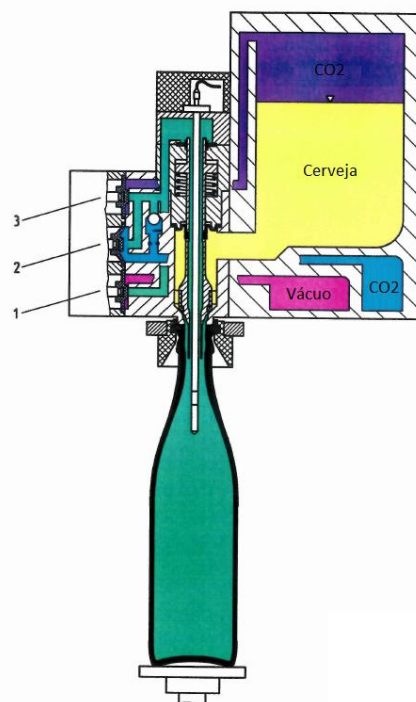


Figura 4.7 - Percurso do CO₂ (adaptado de Fabricante, 1996).

De seguida é apresentada a Figura 4.8, onde é possível identificar diversos componentes da enchedora.

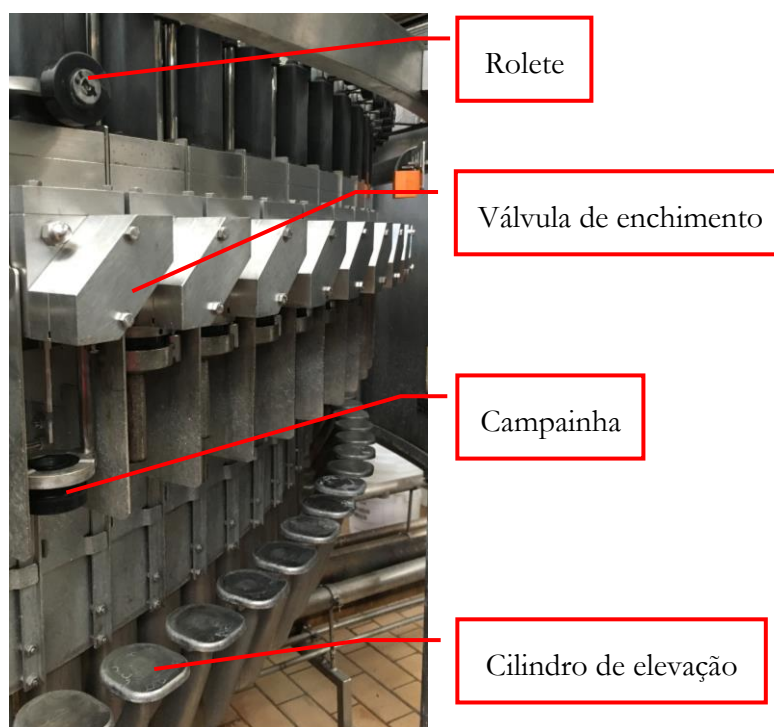


Figura 4.8 – Componentes da enchedora.

Para a garrafa ser direcionada para a válvula de enchimento (Figura 4.8), o rolete da válvula de enchimento apoia numa came que o eleva, erguendo por sua vez a campainha e abrindo espaço para a entrada da garrafa. Ao mesmo tempo é desligado o ar comprimido do cilindro de elevação da válvula de enchimento correspondente, fazendo com que este desça por gravidade. Para garantir essa descida o cilindro de elevação é também controlado por uma came.

Para a vedação da garrafa, após esta ter sido direcionada para a posição de enchimento, a came do rolete faz com que este desça. Simultaneamente, o ar comprimido volta a ser acionado, fazendo subir o cilindro de elevação e empurrando a garrafa contra a campainha, de modo a que esta fique totalmente vedada ao ambiente exterior.

Tratando-se de uma indústria alimentar, é fundamental que todos os equipamentos utilizados estejam segundo a regulamentação indicada e respeitem a sua condição básica. Como tal, existem várias limpezas que são efetuadas ao longo da linha, com uma determinada periodicidade.

Na SCC, existem dois tipos de limpeza, a CIP, *Cleaning In Place* (limpeza no lugar), e a COP, *Cleaning On Place* (limpeza no local). Na tabela 4.1 são apresentados os locais submetidos à limpeza e o motivo pela qual esta ocorre.

Tabela 4.1 - CIP e COP - tipos de limpeza

	CIP	COP
<i>Local</i>	Interior	Exterior
	Cuba e válvulas de enchimento	Válvulas de enchimento e jogo de mesa
<i>Motivo</i>	Mudança de produto	Mudança de formato de garrafa
	Paragem significativa (>5 minutos)	Paragem significativa (>5 minutos)

No decurso da elaboração da dissertação, uma das atividades realizadas foi a atualização da estrutura técnica da enchedora em SAP PM. No Anexo E apresenta-se o que ficou definido para a enchedora da SCC.

4.3 Válvula de enchimento

A válvula de enchimento é um componente bastante complexo da enchedora, que se encontra caracterizado no catálogo (Fabricante, 1996) e na lista de peças do equipamento (Fabricante, 1996). É de aço inoxidável, devido à sua resistência à corrosão; além disso, permite uma manutenção facilitada das condições higiénicas dentro desta (Orlikowski, 2013), o que contribui para a sanidade do equipamento e respeita os parâmetros de uma indústria alimentar. São considerados componentes consumíveis da válvula de enchimento, os que são necessários de substituir, com uma determinada periodicidade, devido ao desgaste a que estão submetidos, nomeadamente componentes em borracha. Na Tabela 4.2, apresentam-se algumas características da válvula de enchimento.

Tabela 4.2 – Características da válvula de enchimento.

Funções	Encher cerveja ou sidra dentro de uma garrafa de uma forma sistemática
Dimensões	$\pm 100 \times 400 \times 100$ mm
Material	Aço Inoxidável
Solicitações	Trabalha com diversas pressões (< 4 bar)
Condições de apoio	É fixa à enchedora através de dois pernos que suportam o seu peso

A válvula de enchimento é constituída por um conjunto de componentes, estruturados para o enchimento de produtos gaseificados, de modo a diminuir a turbulência no seu interior e não afetar o enchimento. Na Figura 4.9 é feita a ilustração das vistas da válvula de enchimento, seguindo-se uma breve descrição do seu funcionamento.

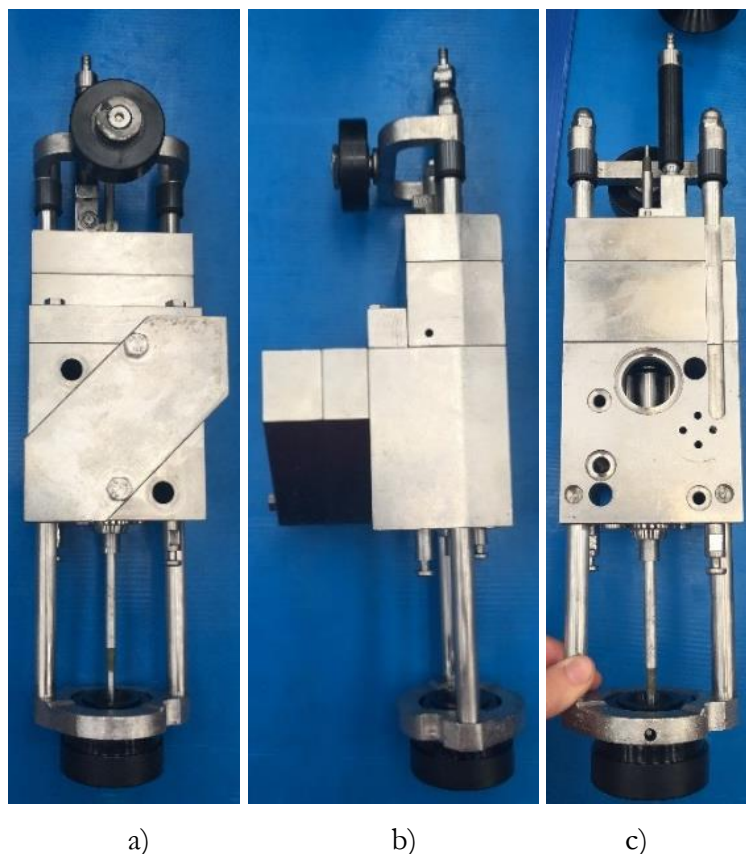


Figura 4.9 - Válvula de enchimento: a) vista de frente, b) vista lateral, c) vista posterior.

No interior da válvula de enchimento existem dois componentes principais, o veio e a peça cônica. O veio (Figura 4.10 – a), Peça nº 3) tem como função conduzir o produto (cerveja) para dentro da garrafa e abrir e fechar a válvula de enchimento. A peça cônica (Figura 4.10 – b), Peça nº 11) comanda o veio e veda a circulação de vácuo e CO₂ dentro da válvula de enchimento. Na Figura 4.10 é possível observar estes dois componentes, com as suas peças adjacentes. Com o auxílio dos Anexos F e G é possível observar o desenho técnico da válvula de enchimento, vista lateral e frontal, respetivamente, e identificar todos os seus componentes, em que a zona da mola e do veio estão assinaladas a vermelho.

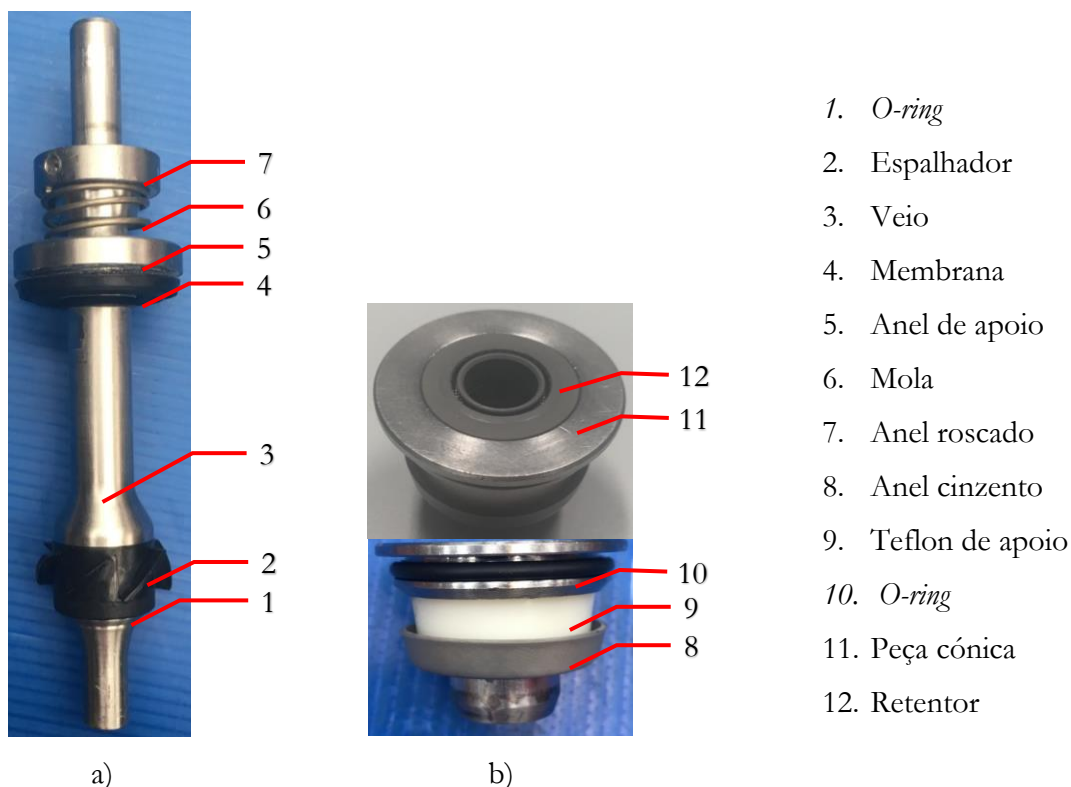


Figura 4.10 – Componentes: a) veio, b) peça cônica (vista de cima e vista de frente).

Antes de começar o enchimento, é imprescindível vedar a válvula de enchimento, de modo a executar os ciclos de vácuo e de CO₂. Para tal, é fundamental pressionar o O-ring do veio (1) de encontro à abertura. Deste modo, é necessário aplicar força ao veio (Figura 4.10 - a), Peça nº 3), força essa que é efetuada através de ar comprimido proveniente da rede de ar comprimido da SCC, inserida no comando de válvulas. Esse ar pressurizado vai premir o anel (8), que por sua vez impulsiona o anel roscado (7), a mola (6), o anel de apoio (5) e a membrana (4), empurrando, assim, o veio por completo para baixo e vedando a válvula de enchimento. Na Figura 4.11 é possível observar a circulação do ar comprimido (setas a vermelho), que pressiona o anel cinzento (Figura 4.10 - b), Posição 8), fechando a válvula de enchimento através do movimento do veio e libertando ar residual da zona da mola para o exterior através do escape (representado a verde).

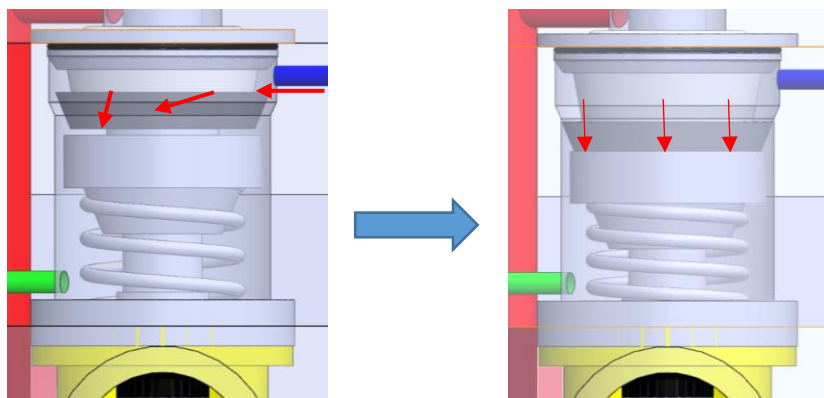


Figura 4.11 - Esquema de circulação do ar comprimido.

Para iniciar o enchimento da garrafa, é fechada a válvula do ar comprimido, através do comando de válvulas, deixando de haver pressão no veio. Com a ajuda da recuperação elástica da mola (Figura 4.10 - a), Peça nº 6), o veio e O-ring sobem e deixam de vedar, permitindo a passagem de produto (cerveja).

Na Figura 4.12 estão esquematizados os pontos de entrada e de saída da válvula de enchimento, bem como os canais de vácuo e CO₂, sendo possível compreender o percurso dos produtos utilizados durante o enchimento.

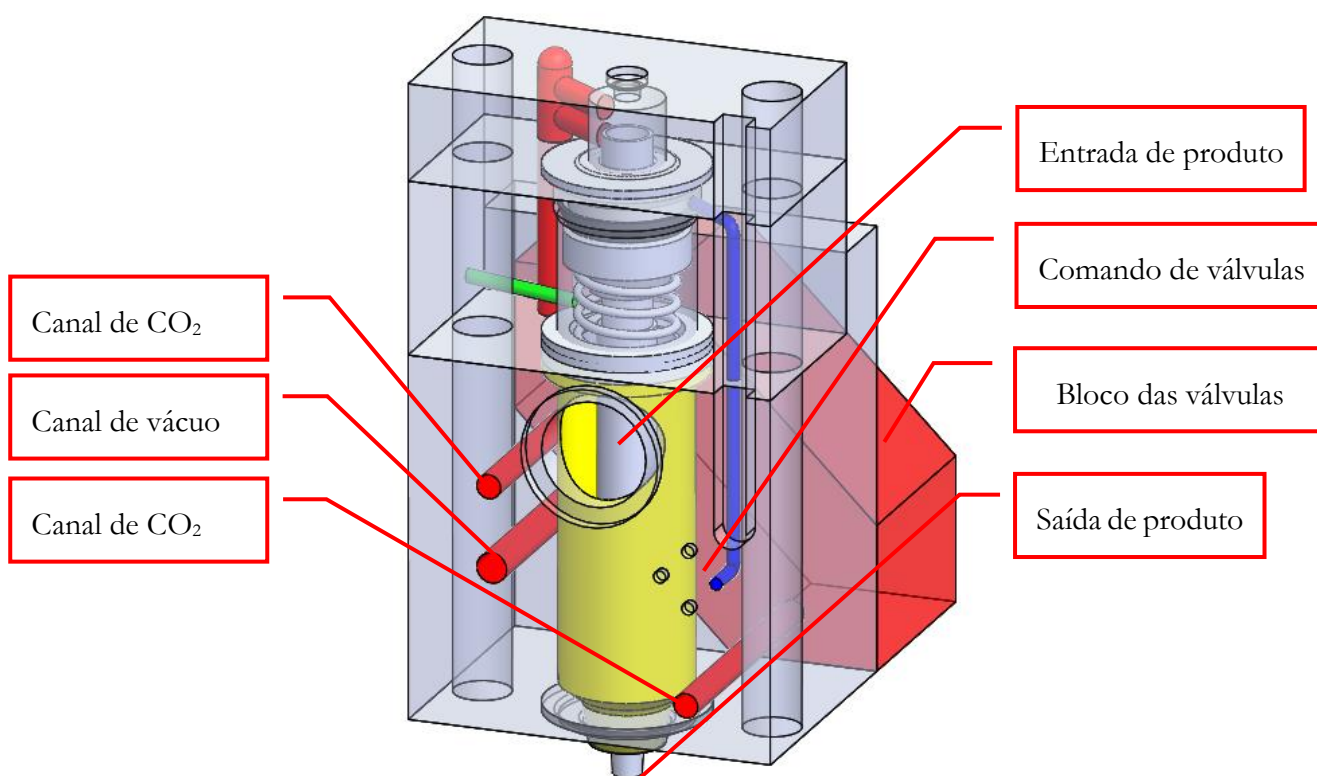


Figura 4.12 - Percurso dos produtos utilizados durante o enchimento.

Neste esquema (Figura 4.12) pode observar-se a vermelho o percurso do CO₂ e de vácuo, em que estes entram através da face frontal da válvula de enchimento, são direcionados para o bloco das válvulas e encaminhados para dentro do veio oco através de uma câmara situada na parte superior da válvula de enchimento. A azul está representado o percurso do ar comprimido, que movimenta o veio, o qual é diretamente comandado pelo comando de válvulas. A verde está representado o escape do ar comprimido. A amarelo, o percurso do produto que provém da cuba e flui à volta do veio, até sair da válvula de enchimento.

O comando de válvulas atua sobre as válvulas de CO₂, de vácuo e de ar comprimido para abrirem ou fecharem dependendo da fase do processo de enchimento.

Existem dois canais de circulação do CO₂ e um para o vácuo, sendo que o ar comprimido é diretamente direcionado da rede para o comando de válvulas.

A entrada de produto está diretamente conectada com a cuba.

A saída de produto encontra-se na base da válvula de enchimento.

Na Figura 4.13 é apresentado um gráfico que relaciona a saturação de cerveja consoante o conteúdo de CO₂ e a sua temperatura. Como a cerveja Sagres tem um conteúdo de CO₂ de 5,5 gramas por litro (representado a azul escuro), não ultrapassando uma temperatura de 18°C (representado a verde e azul claro), alcança-se uma pressão de saturação no máximo de 2 bar. No verão, e após uma paragem, é costume o produto atingir 20°C (representado a vermelho), aumentando bastante a sua pressão de saturação. A pressão dentro da cuba deve ser 1 bar acima da pressão de saturação da cerveja; neste caso, a pressão máxima de funcionamento da cuba é de 3 bar; como tal, quando a pressão de saturação aumenta devem regular-se os parâmetros do equipamento.

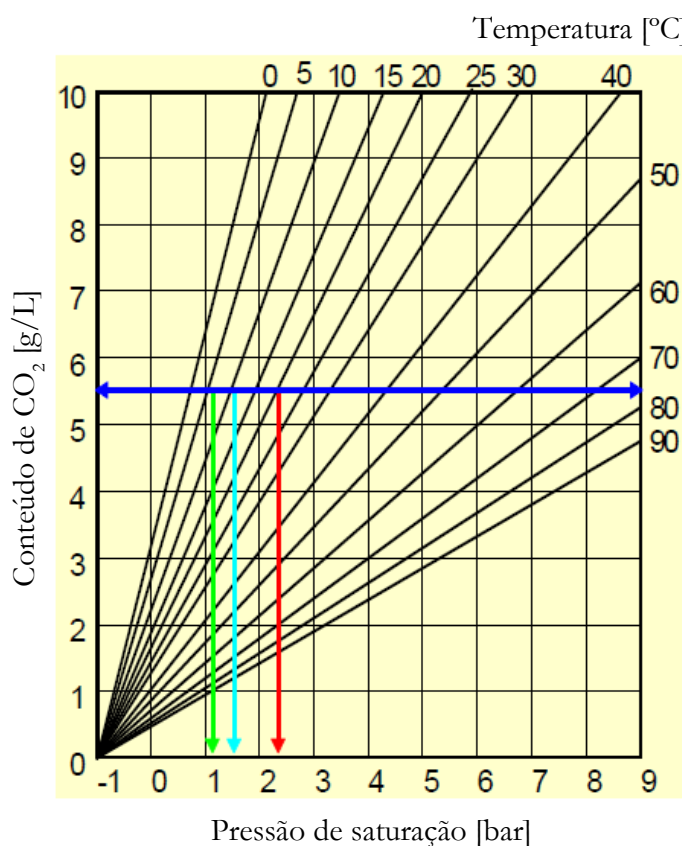


Figura 4.13 - Saturação da cerveja por CO₂ (adaptado de Fabricante 2013).

Ao longo do processo de enchimento existem diversas pressões aplicadas dentro da válvula de enchimento, que não devem ser excedidas em relação às indicações do fabricante, para evitar o mau funcionamento do equipamento. Na Figura 4.14 estão representadas as pressões aplicadas que correspondem às recomendadas pelo fabricante. À esquerda, com a válvula de enchimento fechada, através de ar comprimido (4 bar); à direita, com o ar comprimido desligado, levando à recuperação da mola (Figura 4.10 - a), Peça nº 6), como indicam as setas, e permitindo a passagem de produto através da subida do veio (Figura 4.10 - a), Peça nº 3). Na Tabela 4.3, podem comparar-se as pressões de vácuo, de CO₂, de ar comprimido e de produto, com a válvula de enchimento aberta e fechada.

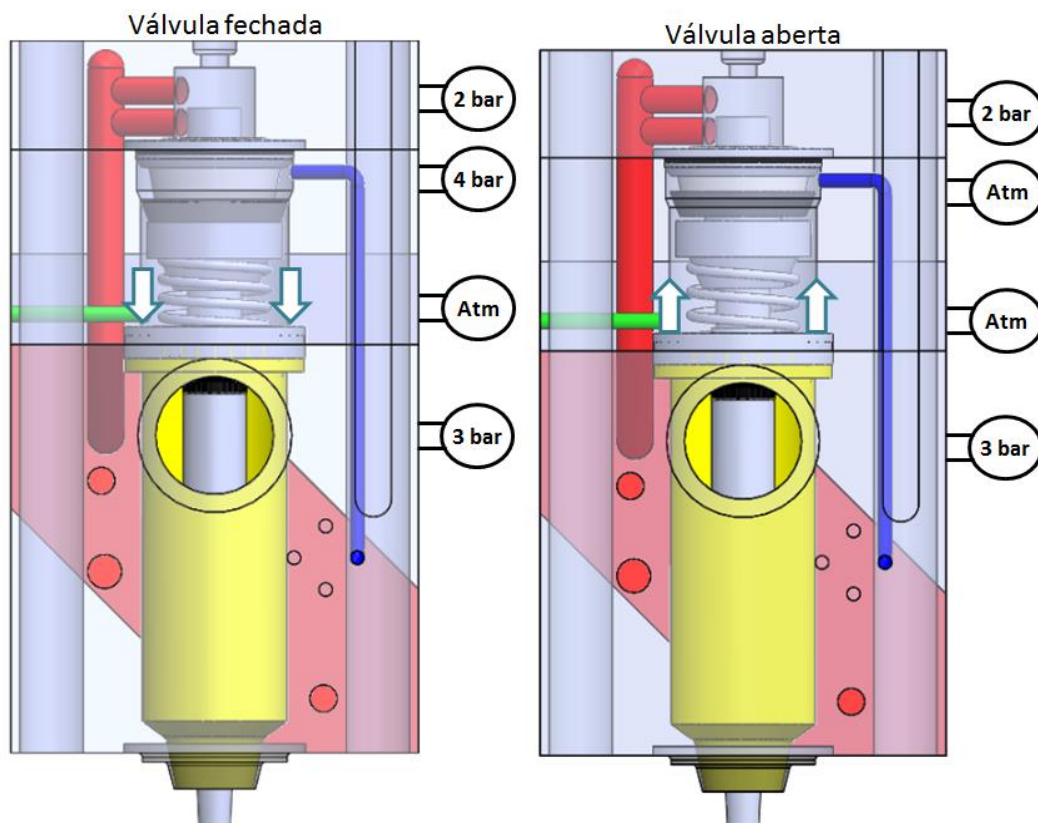


Figura 4.14 – Pressões existentes nas diversas câmaras da válvula de enchimento.

Tabela 4.3 - Produtos utilizados e pressões de funcionamento.

Produto	Posição da válvula de enchimento	
	Aberta	Fechada
Vácuo	2 bar	2 bar
CO ₂	2 bar	2 bar
Ar comprimido	ATM	4 bar
Produto (Cerveja)	3 bar	3 bar

Para efetuar CIP, é executado um programa de limpeza estruturado, com a junção de água, Soda e Oxónia, a uma temperatura de 80°C. Na Figura 4.15 é possível observar a circulação da CIP, que limpa todas as cavidades da válvula de enchimento num circuito que é fechado pelo “cachimbo”.

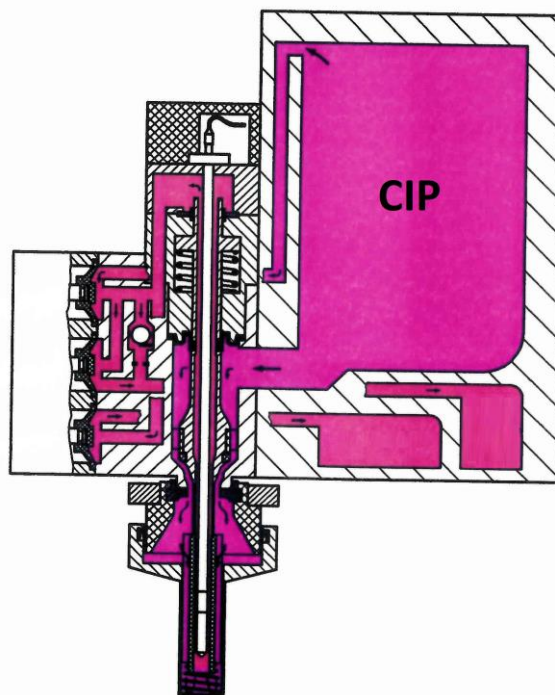


Figura 4.15 - Circulação de CIP (adaptado de Fabricante, 1996).

4.4 Acompanhamento das operações de manutenção

De acordo com a Norma Europeia EN 13306, manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, realizadas durante um ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa cumprir a função requerida”. Considerando-se um bem como “qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente”.

Após compreender o funcionamento da enchedora, mais propriamente das válvulas de enchimento, foi possível traçar um plano de manutenção para acompanhar a evolução do funcionamento das válvulas de enchimento. Este plano consistiu em selecionar, previamente, válvulas de enchimento a serem estudadas, para as poder abrir, verificar o seu estado e a sua evolução na manutenção periódica. Esse plano articulou-se com ordens superiores que definiam o dia da semana em que a linha se encontrava parada para decorrer a manutenção preventiva. Cabral (2006) descreve a finalidade de uma manutenção preventiva como reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do funcionamento de um bem, através de uma manutenção efetuada com intervalos de tempo pré-determinados.

Cabral (2006) define três objetivos da técnica de manutenção preventiva, que foram aplicados neste estudo:

1. Prever as avarias antes que estas ocorram, para, previamente, tomar medidas de modo a evitá-las;
2. Reduzir fatores que contribuam para as avarias, ou mesmo, introduzir fatores que contribuam para o bom funcionamento do equipamento;
3. Caso existam, diminuir as consequências de uma avaria.

A manutenção da Linha 1 da SCC tem uma periodicidade semanal e ao longo do estudo realizado foram acompanhadas diversas manutenções periódicas, com o intuito de proceder a reparações e recondicionamentos. Estas recuperações são necessárias para compensar a deterioração e o desgaste provocado pelo movimento relativo de peças, oxidação ou perda de função (Cabral, 2006).

Além da manutenção preventiva, a Linha 1 é submetida a uma revisão anual que permite realizar manutenções mais profundas e prolongadas, que restauram a condição básica dos equipamentos.

Por ter sido realizada a revisão anual em Março de 2017, data de início do presente estudo, foi possível acompanhá-la, observar reparações e participar na substituição de componentes. Nesta revisão, a enchedora foi reposta à sua condição básica, no que diz respeito aos componentes consumíveis. Em metade das válvulas de enchimento foram repostos todos os componentes consumíveis e nas restantes foram substituídas apenas as peças com maior desgaste. Como tal, foram adquiridos os principais conhecimentos práticos, sendo apenas necessário consolidá-los para os aplicar de uma forma autónoma na manutenção semanal.

No período da manutenção semanal, posterior à revisão anual de Março, constatou-se que ao fim de uma semana as válvulas de enchimento já se encontravam com resíduos, apesar da restauração recente da sua condição básica.

5 ANÁLISE DA FALHA

Moubray (1991) descreve falha como a incapacidade de um bem fazer o que o seu utilizador pretende e falha funcional como a incapacidade de qualquer bem cumprir uma função num padrão de desempenho aceitável para o utilizador. Define também avaria como a inaptidão de um bem para atingir um determinado nível de desempenho.

Cabral (2006), por sua vez, utiliza o termo falha quando se refere a um acontecimento sem retorno e de avaria quando considera que existe paragem ou inoperacionalidade de um equipamento. No entanto, ao longo do presente trabalho ambos os termos foram utilizados sem distinção.

Modo de Falha e Análise de Efeitos (FMEA - *Failure Mode and Effects Analysis*) é um método que permite identificar e compreender modos de falha e as suas causas, calcular os riscos associados em cada avaria e identificar e realizar ações corretivas específicas a cada falha (Carlson, 2012). Este método deve ser considerado para o desenvolvimento de um conjunto de ações que irão reduzir os riscos associados a cada falha. Existem diversos objetivos para aplicar a FMEA; neste estudo, os principais objetivos foram minimizar as perdas de desempenho do equipamento e analisar quaisquer alterações nas características do produto.

Para realizar o presente estudo foram seguidos os primeiros passos da FMEA, que consistem em determinar os modos de falha possíveis, os seus efeitos potenciais e determinar a causa real da falha (Villacourt, 1992).

Na Tabela 5.1 é apresentada uma tipificação geral de sintomas e causas de avarias e, na Tabela 5.2, de intervenções e ações futuras.

Tabela 5.1 – Sistematização de sintomas e causas de avarias (adaptado de Cabral, 2006).

Sintomas	Causas
Inoperacional	Má manutenção
Fraco rendimento	Desgaste
Produção defeituosa	Má operação
Ruído	Mau projeto ou má operação
<u>Fuga</u>	<u>Causa segunda</u>
Vibração	Acidente
Fratura	Não identificável

Tabela 5.2 - Sistematização de intervenções e ações futuras (adaptado de Cabral, 2006).

Intervenções	Ações futuras
Ajustado/afinado	A ajustar/afinar
Reparado	A reparar
Reparado provisoriamente	A vigiar
Substituído	A substituir
<u>Modificado</u>	<u>A modificar</u>
Limpo	A limpar

A avaria em estudo tem como sintoma uma fuga, em que a causa é, segundo a Tabela 5.1, uma causa segunda, podendo resultar de má manutenção, de desgaste, da má operação, de um mau projeto, ou mesmo, da má montagem do equipamento. O presente trabalho teve como objetivo descobrir a causa da fuga através do controlo de condição do equipamento, que, segundo Cabral 2006, consiste na aplicação de dois métodos: o acompanhamento da tendência e a verificação da condição. O acompanhamento da tendência consiste na avaliação periódica de um parâmetro indicador das variações da condição de funcionamento do

equipamento ou dos seus componentes. A verificação da condição é feita através da medição de um parâmetro, numa determinada altura, o que permite inferir, deste modo, o estado do equipamento. Estes dois métodos foram aplicados nos períodos de manutenção semanal, descrita mais à frente.

5.1 Descrição da falha

Ao inspecionar o funcionamento da enchedora de garrafas, ficou evidenciado que esta apresentava uma avaria aleatória nas válvulas de enchimento. De facto, esta levava tanto à saída de garrafas vazias como à saída de garrafas a transbordar, não sendo possível estabelecer um padrão de avaria; não obstante, sempre que existia uma avaria verificou-se existir sistematicamente um depósito de resíduos na zona da mola, o que pode ser observado na Figura 5.1. Esses resíduos prendiam o movimento do veio (Figura 4.10 – a), Peça nº 3), componente que abre e fecha a válvula de enchimento, levando à existência de garrafas a transbordar ou mesmo vazias. Na zona da mola apenas devia circular ar comprimido e não circula CIP.

Com esta análise, foi possível admitir que existia uma fuga dentro da válvula de enchimento, como referido anteriormente, facto que não pode ocorrer, de acordo com regulamentos europeias como TA Luft (Rodriguez-Garcia, 2016).

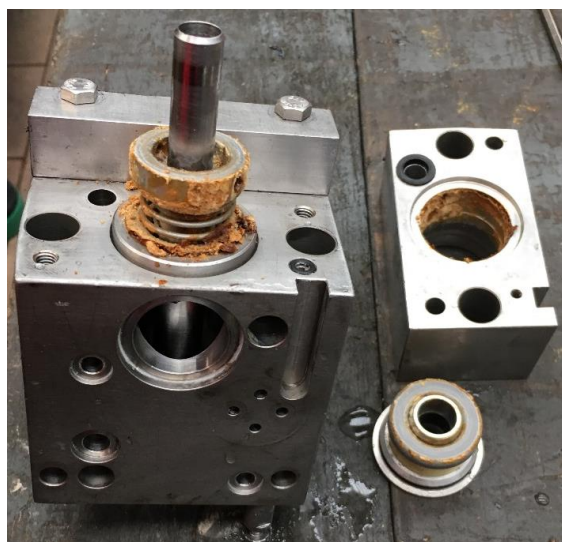


Figura 5.1 – Aspeto da mola no interior da válvula de enchimento devido à ocorrência de falha.

Uma vez que a enchedora é o equipamento que determina a cadência de produção de uma linha de enchimento, uma avaria nesta afeta a linha de enchimento por um todo. Ou seja, ao parar a enchedora para manutenção corretiva, esta paragem tem um impacto negativo no rendimento da enchedora e consequentemente no rendimento da linha de enchimento, o que representa um mau aproveitamento dos recursos disponíveis.

Habitualmente, a avaria mais comum numa enchedora, além da avaria nas válvulas de enchimento, consiste no desgaste de componentes consumíveis antes do tempo previsto de vida útil, como por exemplo desgaste antecipado dos roletes das bombas de elevação e dos roletes das válvulas de enchimento. Diversos ajustes no equipamento, que levam à paragem de produção, têm também influência no rendimento da linha de enchimento.

Os equipamentos com um maior número de avarias numa linha de enchimento são a enchedora, as embaladoras e a paletizadora/despaletizadora. Essas avarias consistem em encravamentos devido a material fora de especificação e/ou quebra de componentes.

De acordo com os registos informáticos disponíveis em SAP PM, foi possível obter informação, desde 2011, relativa às avarias recorrentes nas válvulas de enchimento. Na Figura 5.2 é apresentado um gráfico com a evolução das avarias na enchedora comparando-as às avarias por depósito de resíduos nas válvulas de enchimento, a partir de registos feitos pelos operadores.

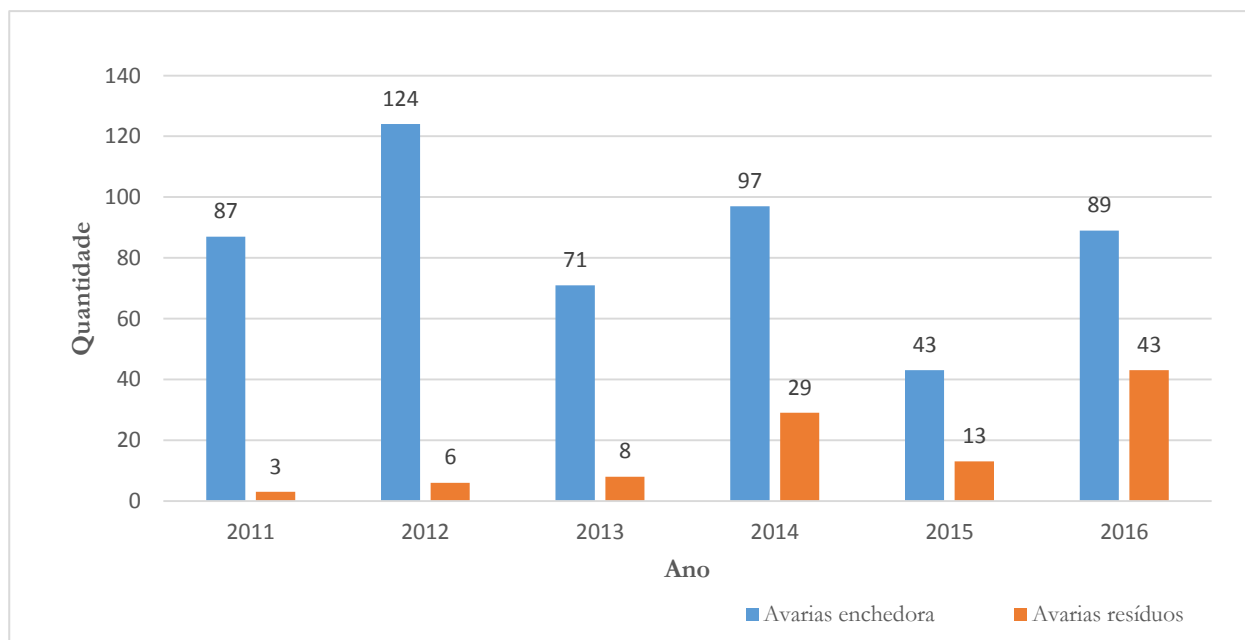


Figura 5.2 - Gráfico com avarias na enchedora e avarias por depósito de resíduos.

Observando o gráfico, em relação a 2016, conclui-se que em 89 avarias da enchedora, 43 foram relativas às válvulas de enchimento. De notar que uma avaria é considerada uma paragem com mais de 5 minutos, implicando intervenção e reparação do equipamento.

A análise da avaria permite concluir que esta tem aumentado ao longo dos anos, exceto em 2015. Neste ano, o decréscimo ocorrido foi devido à implementação de uma nova estratégia de manutenção, que consistiu em lavar todas as válvulas de seis em seis meses, limpando o depósito de resíduos. Porém, mesmo com a nova estratégia de manutenção, de 2015 para 2016 o número de avarias devido ao depósito de resíduos foi muito significativo.

Verificou-se que houve um aumento de avarias por depósito de resíduos de 2013 para 2014 e de 2015 para 2016, que surgiu em simultâneo com a entrada no mercado da Radler e da Strongbow, respetivamente. Tratando-se de sidras, estas podem ter influência na falha em estudo, devido a uma maior quantidade de açúcares e, consequentemente, maior tendência para formar depósito.

Recorrendo à Figura 5.3, que apresenta outra abordagem de representação gráfica da evolução das avarias da válvula de enchimento comparativamente à enchedora ao longo dos anos, é possível corroborar a interpretação acima exposta.

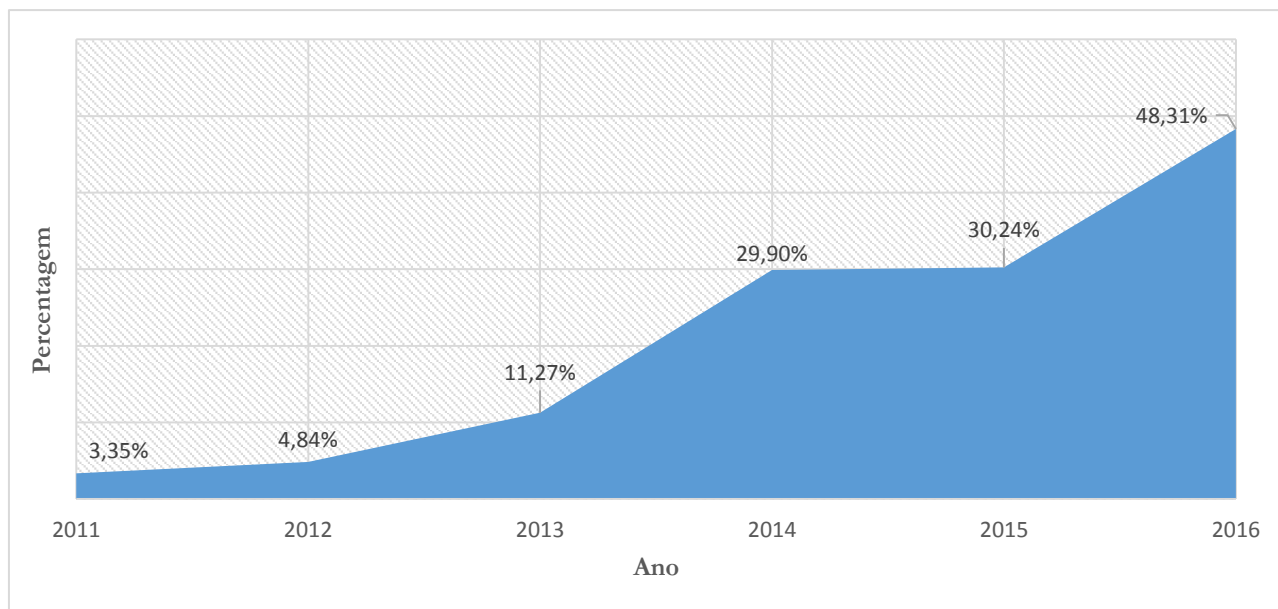


Figura 5.3 – Gráfico com a evolução das avarias da válvula de enchimento.

No que diz respeito à avaria em estudo, esta pode apresentar-se de duas formas:

- Quando o produto a ser cheio espuma mais do que o normal;
- Quando a saída de ar pressurizado pelo escape é audível.

Quando espuma demais, significa que o escape ficou obstruído por resíduos, impedindo o funcionamento regular da mola e, ao continuar a ser acionado ar comprimido sem escoamento, cria-se uma pressão excessiva nessa zona. A mola, ao não comprimir, não vai pressionar o veio de modo a que este vede corretamente a válvula de enchimento, o que faz com que encha produto excessivamente, que promove a formação de espuma.

Quando a saída de ar pressurizado é audível, significa que o anel comandado por ar pressurizado, que pressiona o veio, está preso pelos resíduos de produto. Uma vez que o anel está preso ou danificado, o ar pressurizado que continua a ser comandado como não consegue mover o anel de plástico, sai diretamente pelo escape, o que é audível.

Como consequência destas duas falhas funcionais, dá-se a rejeição das garrafas com nível de produto abaixo do necessário por parte do inspetor de nível que está após a enchedora, retirando-as da linha.

Tendo em conta que a enchedora contém 120 válvulas de enchimento e uma cadência de produção de 64 000 garrafas por hora, ao fim de uma hora de enchimento em contínuo irão ser rejeitadas cerca de 530 garrafas, o que representa o desperdício de 165 litros, ao considerar garrafas de 0,33 L.

Pelo que foi dito, compreende-se que quando existe uma avaria durante produção, é necessário repará-la o mais rapidamente possível, pois continuar a produção com uma avaria pode levar a um grande prejuízo. Para tal, é necessário esvaziar a cuba da enchedora, sendo desperdiçado produto final, e parar a linha para poderem ser realizadas as operações de manutenção, existindo assim perda de rendimento da linha. Todos estes aspetos relativos aos custos decorrentes de uma falha na válvula de enchimento representam uma despesa que pode ser calculada e evitada.

Simultaneamente, durante a investigação da falha, a SCC, ao fazer parte do grupo Heineken, teve a possibilidade de contactar com fábricas do grupo e trocar informações acerca do sucedido, em particular com três fábricas com uma enchedora idêntica à em estudo, nomeadamente na Croácia, na Áustria e na Holanda. Ao contactar cada uma dessas fábricas, foi questionado se alguma vez se tinham deparado com uma avaria semelhante à em estudo e como a tinham resolvido. Destes contatos resultaram as seguintes conclusões:

- Na fábrica da Holanda existia uma avaria semelhante à da SCC, em que havia depósito de resíduos caramelizados, mas na válvula de vácuo. Sendo que a válvula do vácuo e a zona da mola estão em sítios distintos, e os seus percursos são diferentes, não foi possível relacionar as duas avarias. Foram ainda trocadas informações relativamente ao funcionamento da enchedora e os seus parâmetros, confirmando-se que a enchedora da SCC está a ser manuseada de forma idêntica e correta.
- No contacto com a fábrica na Croácia foram discutidos os parâmetros de manutenção e os parâmetros da CIP, tendo sido possível concluir que, na SCC, estavam a ser executados corretamente.
- Por último, relativamente à troca de informação com a fábrica na Áustria, não foi possível chegar a nenhuma conclusão, pois o corpo das válvulas de enchimento é diferente das existentes na SCC.

6 INVESTIGAÇÃO DECORRENTE DA FALHA

De modo a descobrir a proveniência dos resíduos que se depositavam na zona da mola na válvula de enchimento da enchedora de garrafas da SCC, foram realizados vários ensaios experimentais com a finalidade de verificar hipóteses relativas à passagem inapropriada de produto. Recorrendo à Figura 6.1, recorda-se que existem quatro pontos de entrada/saída para a zona da mola (assinalada com um círculo a azul), nomeadamente através da membrana, do escape, do canal de ar comprimido e da peça cónica.

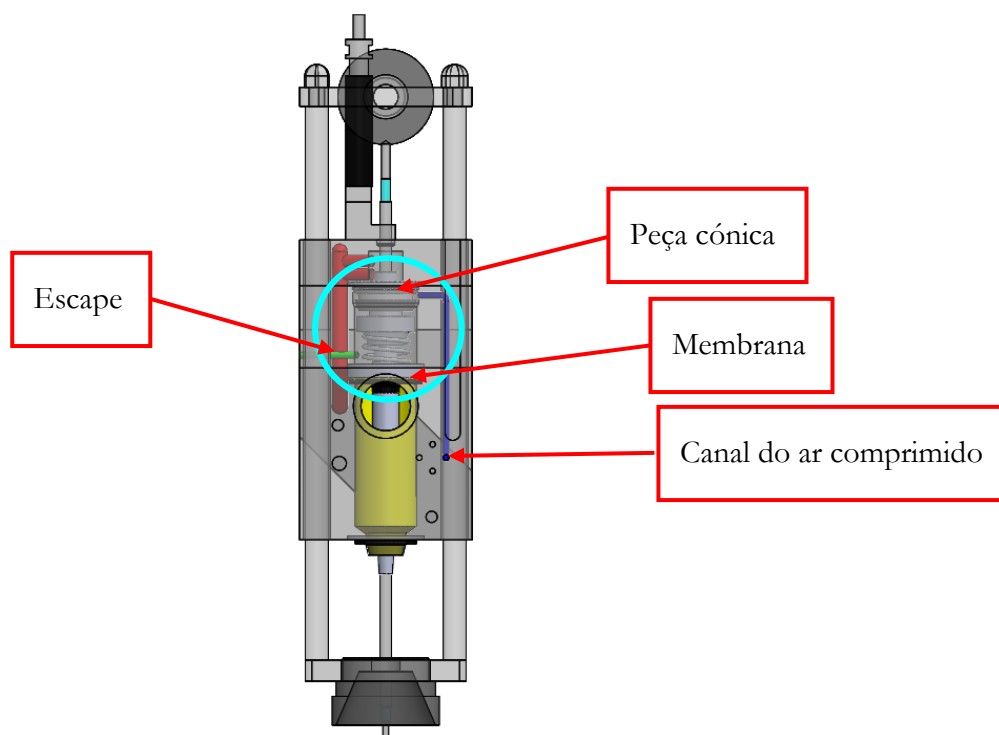


Figura 6.1 – Representação da válvula de enchimento e dos pontos de entrada.

Na Tabela 6.1 são apresentadas as diversas hipóteses de falha relativas à localização da passagem inadequada de produto na válvula de enchimento e os respetivos ensaios experimentais realizados (Item 6.1 a 6.12).

Tabela 6.1 - Localizações possíveis de passagem inadequada de produto.

Localizações possíveis de passagem inapropriada de produto			Item
Passagem de produto pela parte inferior da válvula de enchimento			
	Através da membrana		
		Através de microfissuras na membrana	6.1
		Pela degradação da membrana	6.2
		Pela estanqueidade da membrana	6.3
		Através de folgas no conjunto	6.5 e 6.6
		Pela secção lateral da membrana	6.7
Entrada de produto pelo escape			
	Através da COP		6.4
	Através de ar exterior contaminado		
	Através do <i>Borst Bottle</i>		
Entrada de produto através do canal de ar comprimido			
	Ar comprimido contaminado		6.4
Passagem de produto pela parte superior da válvula de enchimento			
	Através de folgas no conjunto		6.5 e 6.6
	Através da peça cónica		
		Pela má vedação do retentor	6.7, 6.8, 6.9, 6.10 e 6.12

O acompanhamento semanal do estado de condição da válvula de enchimento permitiu identificar possíveis falhas e realizar diversos ensaios experimentais, tentando comprovar, ou mesmo eliminar, essas hipóteses de falha. Os ensaios experimentais a seguir descritos são o resultado deste acompanhamento e do estudo do funcionamento da válvula de enchimento.

6.1 Visualização da membrana ampliada

O primeiro componente a ser estudado relativamente à passagem de produto foi a membrana, visto que é o componente que está em contacto direto com o produto ao longo de todo o processo de enchimento. Para analisar a possibilidade de passagem de produto através de eventuais microfissuras presentes nas membranas, estas foram observadas em pormenor ao microscópio, com ampliação de 20x e de 400x (Figura 6.2).

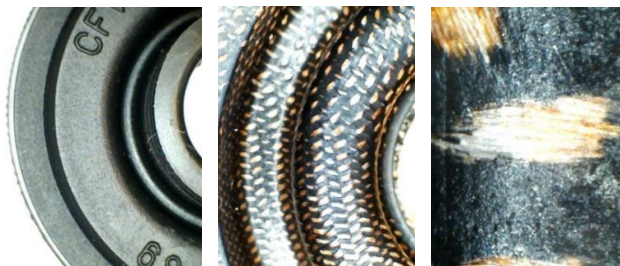


Figura 6.2 - Vista detalhada da membrana utilizada na enchedora, ampliação 20x e 400x.

Após examinar algumas membranas que já tinham sido utilizadas e que continham resíduos (Figura 6.3), concluiu-se que estas não apresentavam microfissuras, mas que, em alguns casos, existia um grande desgaste na superfície interior da membrana (evidenciado pelo rompimento de algumas fibras localizadas à superfície (Figura 6.3).



Figura 6.3 – Diversas membranas após termo da sua vida útil.

Simultaneamente, à medida que foi efetuada a manutenção semanal e foram acompanhadas certas válvulas de enchimento, verificou-se que, em válvulas de enchimento com membranas novas, existia, na mesma, a passagem de produto, concluindo-se que a deposição de resíduos no compartimento da mola não resultava da passagem de produto através de quaisquer microfissuras e que o desgaste da membrana não contribuía para o depósito de resíduos.

Por fim, para assegurar o correto funcionamento da válvula de enchimento no que diz respeito à membrana, esta deve ser reposta conforme as indicações do fabricante, isto é, anualmente, ou a cada 7 000 horas de trabalho, de modo a evitar a sua deterioração.

6.2 Ensaio da membrana em laboratório

Com o objetivo de se identificarem os resíduos existentes na válvula de enchimento e de se testar a membrana quanto à sua degradação com os componentes da CIP, foi realizado um ensaio de modo a simular uma situação real. Este decorreu com o apoio do laboratório da SCC, onde se simulou, num ambiente controlado, os produtos que passam pela válvula de enchimento e se reproduziram as temperaturas de funcionamento. Para tal, foram seleccionados seis produtos, dos quais três de limpeza utilizados na CIP, nomeadamente Topax 19, Topax 990 e uma mistura dos dois, e três produtos de enchimento, a Sagres, a Radler e a Strongbow.

Nesta simulação, inseriu-se a membrana num frasco de vidro onde, com a ajuda de uma pipeta, se colocaram gotas do produto seleccionado, de modo a preencher a parte superior da membrana, obtendo-se seis frascos com produtos diferentes. Seguidamente, os frascos foram tapados com *parafilm* (película plástica extensível), no qual se fizeram orifícios, para poder haver trocas com o exterior (Figura 6.4).



Figura 6.4 – Ensaio da membrana em laboratório.

Com a finalidade de simular a temperatura e a duração da CIP, os seis frascos foram colocados num banho-maria a 80°C durante uma hora. Contudo, como o enchimento de produto se processa a uma temperatura baixa, após arrefecidos, os frascos foram colocados num frigorífico durante a noite.

Estes procedimentos foram repetidos três vezes para poder haver acumulação de resíduos e, posteriormente, serem comparados com os resíduos reais, tentando identificar a sua proveniência e se existia degradação da membrana. Na Figura 6.5, está representado o banho-maria, onde as peças vermelhas são pesos usados para fixar os frascos ao fundo, impedindo-os de boiar.



Figura 6.5 – Membranas em banho-maria a 80°C.

Esta experiência permitiu verificar que as membranas permaneciam com as mesmas qualidades, não tendo sido afetadas por quaisquer dos componentes testados. Relativamente à identificação dos resíduos, nenhuma membrana apresentou sujidade ou indícios desta para o protocolo experimental testado.

6.3 Verificação da estanqueidade da membrana

Com o objetivo de avaliar a estanqueidade da membrana em relação às pressões de funcionamento, foi aplicada pressão à membrana.

Para este ensaio foram concebidas duas peças, pelo torneiro da SCC, que permitiram simular alguns componentes da válvula de enchimento (Figura 6.6). A primeira, para reproduzir o encosto à enchedora, com um regulador para poder inserir ar comprimido; a segunda peça, para fixar o anel de apoio e a membrana, empurrando o veio e fechando a válvula de enchimento. A Figura 6.6 mostra o esquema de peças utilizado.

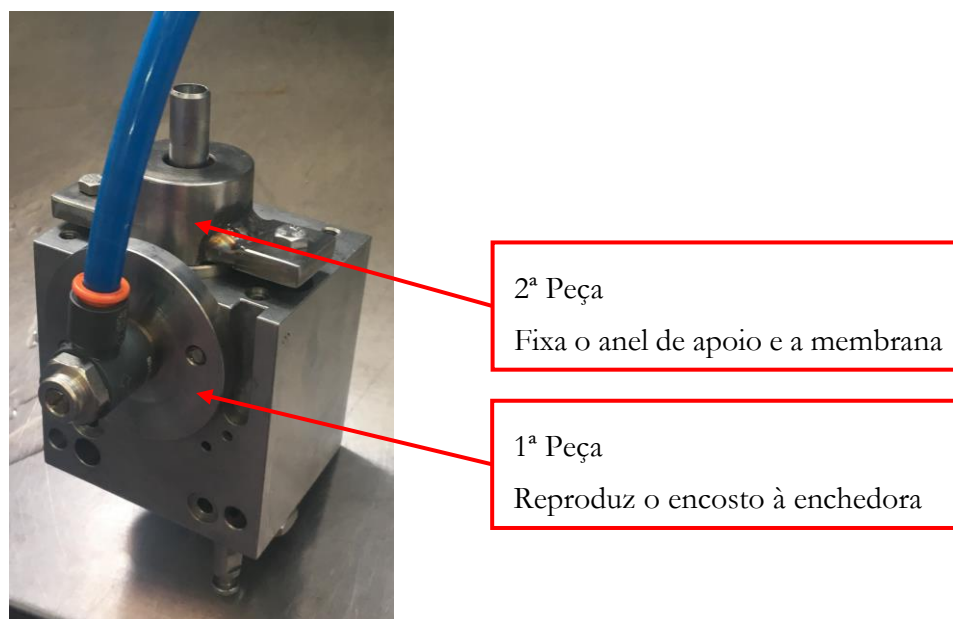


Figura 6.6 - Protótipo para teste de pressões à estanquidade da membrana.

O teste consistiu em colocar um tubo de ar ligado ao regulador e inserir ar comprimido neste, em que a pressão utilizada foi de 6 bar. Esta pressão, que é muito acima da de funcionamento (3 bar), permitiu realizar o teste com um bom fator de segurança em relação ao carregamento. Antes da inserção de ar comprimido na válvula de enchimento, inseriu-se o protótipo em água, para verificar se surgiam bolhas de ar através do protótipo.

No protótipo foi empregue uma membrana usada, que tinha sido encontrada com resíduos na revisão anual. Assim, se a passagem de produto com formação de depósito de resíduos fosse feita através da membrana, este teste iria dar positivo.

Uma vez que não houve a formação de bolhas de ar a partir do protótipo submerso, concluiu-se que a membrana, mesmo com resíduos, vedava bem e aguentava pressões acima das de funcionamento.

6.4 Inserção de um orifício de escape frontal

Devido à possibilidade de entrada inapropriada de produto através do furo de escape, tanto a partir dos jatos da COP direcionados às válvulas de enchimento, como de ar exterior contaminado, ou do rebentamento de garrafas durante o processo de enchimento (*Borst Bottle*), foi criada uma via alternativa de escape, de modo a dificultar, ou mesmo impedir, essa entrada.

Essa alternativa consistiu em cobrir o furo de escape lateral da válvula de enchimento com um pingo de soldadura e abrir um escape para a face frontal (Figura 6.7 - a)). Este ficou direcionado de modo a que, quando se realizava COP, os seus jatos não estivessem dirigidos diretamente para o escape e, se rebentasse uma garrafa, não existisse possibilidade de entrada de produto por este local. O novo escape foi concebido com uma rosca na extremidade para se poder colocar um acessório.

Na manutenção subsequente, verificou-se que a zona da mola se apresentava igualmente com depósito de resíduos, o que significa que persistia a passagem inapropriada de produto e que esta não provinha do furo de escape.

Para poder examinar futuros desenvolvimentos relativos ao novo escape, o acessório permaneceu na válvula de enchimento após estas verificações. Assim, estando a ser enchida Sagres branca, foi observada a saída de espuma através desse escape (Figura 6.7 - b)), o que indica a existência de produto na zona da mola. Com esta observação verificou-se que o escape contribui para a expulsão do produto a ser enchido, mas sendo um ponto de saída e não um ponto de entrada.

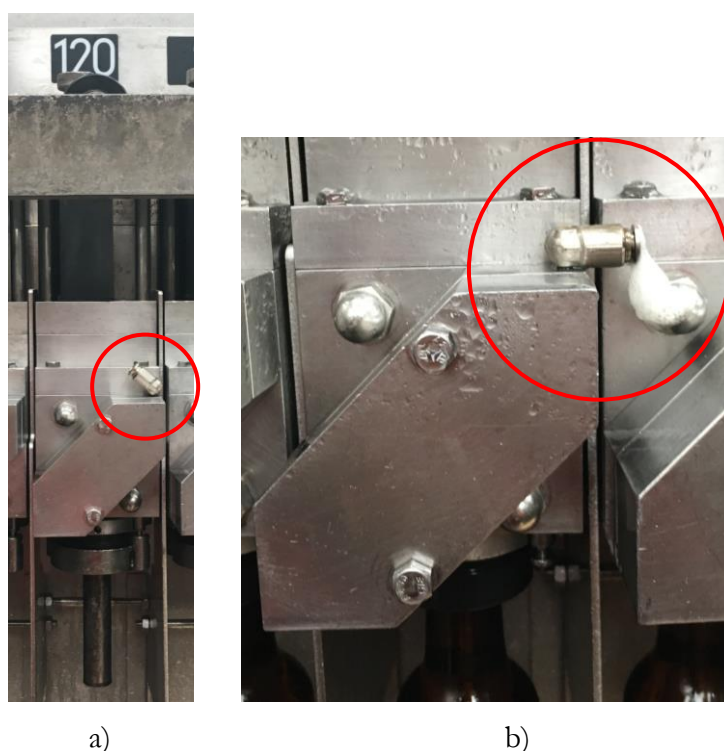


Figura 6.7 - Válvula de enchimento: a) novo escape, b) saída de espuma através do novo escape.

Na sequência do estudo da possibilidade de entrada de produtos através do escape, também se analisou a eventualidade do ar comprimido estar contaminado e, assim,

transportar resíduos que se iriam depositar na zona da mola. Após a verificação do filtro de ar comprimido, junto à linha de enchimento, constatou-se que o ar comprimido se encontrava limpo, excluindo-se, assim, a hipótese de passagem de resíduos através do canal de ar comprimido.

6.5 Restauração da condição básica do veio completo

Pelo facto da enchedora ter sido instalada na SCC em 1996, os seus componentes foram sujeitos a desgaste de longa duração, que cria folgas e posterior mau encaixe entre peças, compatível com a passagem inapropriada de produto.

Para avaliar a importância desse desgaste, foi realizada uma experiência em que se substituíram alguns componentes da válvula de enchimento. Estes estão apresentados na Figura 6.8 e são a seguir listados:

- Veio completo novo (veio e acessórios), para evitar folgas existentes nas peças que o compõem (veio, anéis de aço inoxidável e peças consumíveis);
- Veio novo, para verificar a existência de eventuais folgas existentes devidas ao veio (veio novo, anéis de aço inoxidável usados e peças consumíveis novas);
- Anéis novos, para verificar a existência de eventuais folgas existentes devido ao desgaste dos anéis de aço inoxidável (veio usado, anéis de aço inoxidável novos e peças consumíveis novas).

É de notar que o facto de utilizar, ou não, peças consumíveis novas, não teria influência neste ensaio, pois foi antes provado que estas não contribuíam para a presença de resíduos na zona da mola. No entanto, optou-se pela utilização de peças consumíveis novas, uma vez que a desmontagem do veio completo poderia danificar as peças consumíveis usadas.



Figura 6.8 – Veio completo com substituição de componentes.

Esta experiência teve como objetivo analisar a hipótese da passagem inapropriada de produto através de pequenas folgas existente entre os componentes da válvula de enchimento. Observou-se que as válvulas de enchimento funcionaram adequadamente, mas mantendo o depósito de resíduos. Com este ensaio foi possível concluir que as folgas existentes devido ao desgaste dos componentes da válvula de enchimento não eram significativas o suficiente para permitir a passagem inapropriada de produto, a ponto de criar depósito de resíduos no compartimento da mola.

6.6 Restauração da condição básica da válvula de enchimento

Com o objetivo de avaliar folgas eventualmente existentes no corpo da válvula de enchimento, foi colocada uma válvula de enchimento nova, de fábrica, com todos os ajustamentos recomendados pelo fabricante. Aquando da sua instalação verificou-se que a nova válvula de enchimento apresentava dois furos de escape (Figura 6.9), resultado de um *upgrade* do fabricante, para diminuir a formação de depósito de resíduos na zona da mola, sendo o produto expelido mais facilmente. No entanto, após uma semana de produção, na manutenção semanal, ao abrir a válvula de enchimento verificou-se, igualmente, a existência de depósito de resíduos na zona da mola. Deste modo, concluiu-se que as folgas eventualmente existentes no corpo da válvula de enchimento não eram significativas o suficiente para existir passagem inapropriada de produto, a ponto de criar depósito de resíduos. A Figura 6.9 compara o escape original com o escape com *upgrade*.

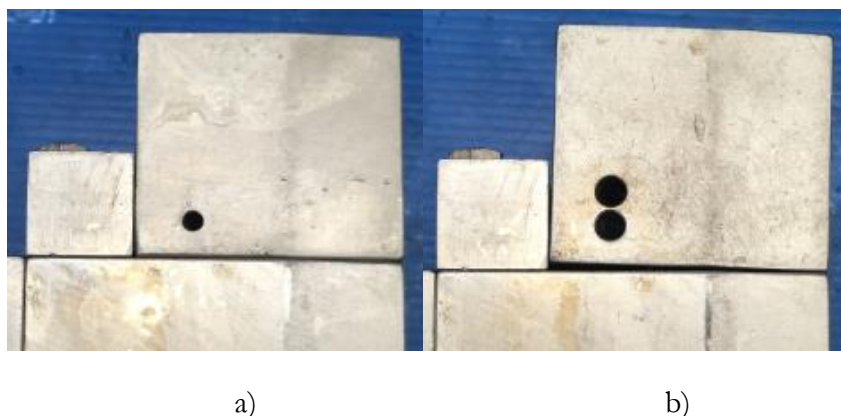


Figura 6.9 – Válvula de enchimento: a) escape original, b) escape com *upgrade*.

6.7 Reforço da secção periférica da membrana

Considerando a possibilidade de passagem de produto pela secção periférica da membrana (através do anel de apoio fabricado em aço inoxidável), realizou-se a maquinação de uma pequena gola na sua superfície cilíndrica, de forma a inserir um O-ring para reforçar a vedação nesta zona (Figura 6.10).

Este foi inserido num veio e por sua vez numa válvula de enchimento, e, na manutenção semanal, com uma semana de produção a encher diferentes tipos de produto, foi analisado para observar a evolução da situação em estudo. Ao deparar com o veio sujo com resíduos de duas cores (Figura 6.11), e sabendo que encheu primeiro Sagres (tom acastanhado) e depois Strongbow de frutos vermelhos (tom avermelhado), constatou-se que os resíduos avermelhados estavam por cima dos acastanhados.

Este facto, levantou a possibilidade da passagem do fluido provir da secção superior da válvula de enchimento. Ao ponderar que a fuga seria originada na parte superior da válvula de enchimento, analisando outras válvulas na manutenção semanal, verificou-se que o depósito se iniciava do anel roscado para o anel de apoio, de cima para baixo, confirmando-se esta possibilidade.

Como o único componente dessa secção é a peça cónica, esta foi o novo objeto de estudo.



Figura 6.10 - Anel de apoio com O-ring.



Figura 6.11 - Anel com O-ring - antes e depois.

A peça cônica (Figura 4.10) comanda o veio, através de ar comprimido, e veda a circulação de vácuo e CO₂ dentro da válvula de enchimento. Uma vez que se verificou que o ar comprimido estava limpo, assumiu-se que esta região da peça cônica não provocava o depósito de resíduos. Como tal, analisou-se o seu outro componente, o retentor, que veda a circulação de vácuo e CO₂. Este poderá ter dois pontos de passagem inadequada de produto, um central e outro periférico, assinalados a vermelho na Figura 6.12.

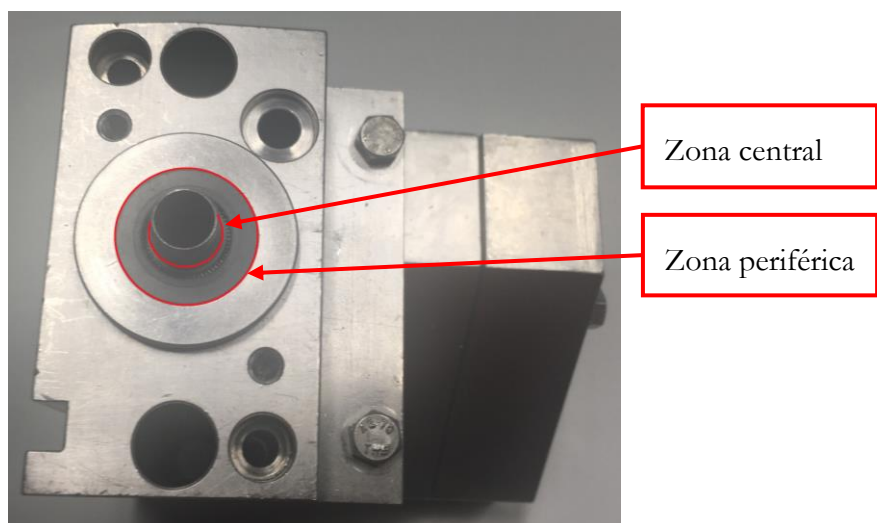


Figura 6.12 – Zonas possíveis de passagem inadequada de produto no retentor.

Sendo a secção superior da peça cónica uma zona onde não existe passagem de produto, foi necessário voltar a analisar o ciclo da enchedora, Figura 6.13, e perceber como o produto poderia chegar a esta área.

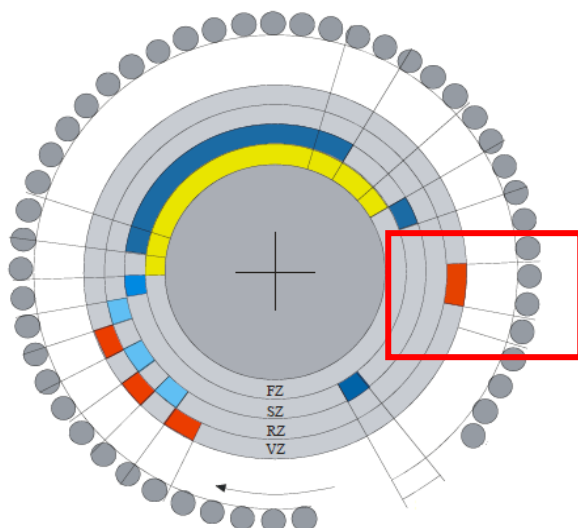


Figura 6.13 - Processo de enchimento (adaptado de Fabricante, 2013).

Com ajuda da Figura 6.13 é possível identificar uma situação crítica, destacada a vermelho, onde há a possibilidade de haver passagem de produto. Esta ocorre no fim do processo de enchimento, quando o vácuo é acionado, de modo a despressurizar a garrafa e encaminhá-la para a sua saída, passando vácuo pelo interior do veio. Com este passo, o vácuo pode aspirar espuma existente dentro da garrafa devido à sua pressão negativa (-0,9 bar), alojando-se no topo da peça cónica. De seguida, o passo de *snifting* que aciona CO₂ para limpar a sonda (a azul escuro), pode encaminhar produto para a zona da mola, criando-se depósito de resíduos. Como este processo é repetitivo, mesmo que a quantidade de produto alojado na peça cónica, por ciclo, seja mínima, ao fim de vários ciclos resulta numa quantidade considerável. Ao constatar a possibilidade de o vácuo poder aspirar espuma e produto da garrafa, foi observar-se a zona próxima da bomba de vácuo (Figura 6.14) e viu-se que esta estava rodeada e a transbordar de espuma. Comprovou-se, assim, a existência de produto no canal do vácuo.



Figura 6.14 - Bomba de vácuo, a azul, rodeada de espuma.

Na Figura 6.14, ao lado da bomba de vácuo, encontra-se um reservatório que tem como função reduzir a espuma que provinha da bomba de vácuo.

Desta forma, os testes posteriormente realizados foram baseados na hipótese da passagem inapropriada de produto ser feita pelo retentor da peça cónica.

6.8 Válvulas de enchimento com troca de peça cónica

Ao determinar-se que os resíduos poderiam formar-se na zona da mola através da vedação inapropriada do retentor, e de modo a verificar esta hipótese, foi trocada uma peça cónica de uma válvula de enchimento suja (com grande folga no retentor) por uma peça cónica de uma válvula de enchimento limpa (com pequena folga). Para este efeito, foram selecionadas as válvulas de enchimento nº 69 e 72, em que a válvula 69 se encontrava bastante suja e a 72 limpa (Figura 6.15). Para aplicar este teste, ambas as válvulas de enchimento foram limpas e após uma semana de funcionamento, observou-se que a válvula 69 permaneceu limpa e que a 72 ficou suja, sendo que a cor dos resíduos dependia do produto que tinha sido enchido naquele intervalo de tempo. Pela observação da Figura 6.15 é possível ver a condição das válvulas de enchimento estudadas.

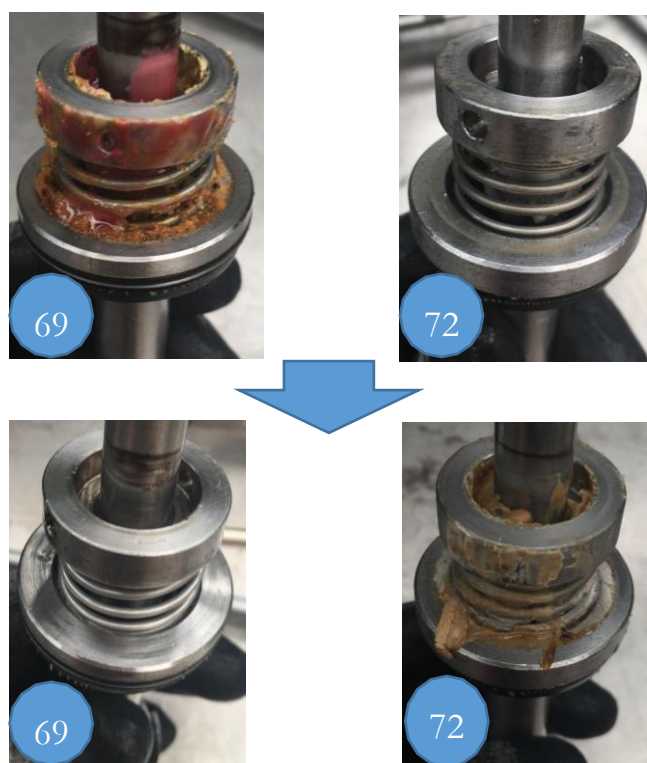


Figura 6.15 – Apresentação da condição das válvulas de enchimento com troca de peça cônica.

6.9 Válvula de enchimento com peça cônica alterada: duplo retentor

Na sequência dos testes anteriores, foi executado um ensaio com uma modificação do retentor, para que este vedasse melhor (Figura 6.16). Para isso, torneou-se uma peça cônica, aumentando as dimensões da caixa onde assenta o retentor, de modo a que exista espaço para colocar dois retentores sobrepostos. O retentor inferior foi torneado, retirando -se a sua aba, de modo a encaixar na peça cônica. Na Figura 6.16 está representado o retentor original e o duplo retentor obtido.

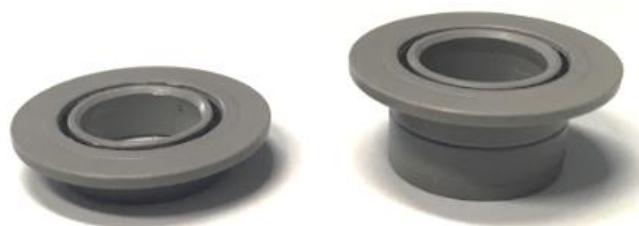


Figura 6.16 – Retentor original e duplo retentor.

Com a colocação do retentor modificado na enchedora, a válvula de enchimento não funcionou corretamente. O facto de este teste não ter sido bem sucedido, permitiu concluir que o retentor não é suficientemente elástico para acompanhar o movimento do veio e vedar a existência de produto na zona superior da peça cónica.

6.10 Válvula de enchimento com peça cónica alterada: colocação de dique elástico

Para reforçar a vedação do retentor, foi estudada a hipótese de colocar um dique em torno do retentor (filme de latex de borracha natural) (Figura 6.17).

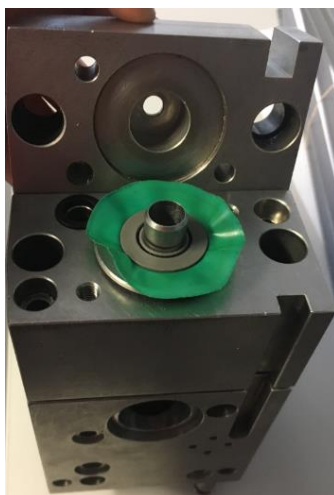


Figura 6.17 – Posição ideal do dique na válvula de enchimento.

Trata-se de um material elástico, com bastante resistência mecânica, adequado a trabalhar a altas temperaturas, como se pode verificar na sua ficha técnica apresentada no *site* do fornecedor (Hygenic, 2017). Contudo, uma vez que este dique iria ser colocado numa secção que em contacto com CIP, estudou-se o seu comportamento quando em contacto com os componentes ácidos da CIP, Soda e Oxónia. Para tal, foi realizado um ensaio em laboratório, semelhante ao anteriormente descrito, em que se submergiu o dique nos componentes de CIP dentro de um frasco de vidro (Figura 6.18 – a)), que foi submetido a banho-maria a 80°C (Figura 6.18 – b)).

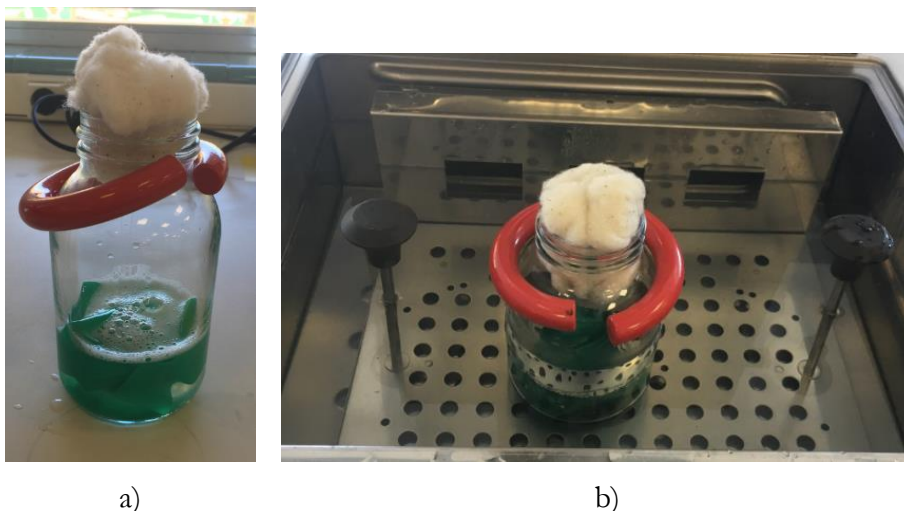


Figura 6.18 – Dique: a) submerso em componentes de CIP, b) em banho-maria.

Este ensaio também foi realizado três vezes, sendo testada a tenacidade e a elasticidade do dique, entre cada ensaio, após a sua lavagem com água. No fim do primeiro ensaio, observou-se que o dique adquiriu uma consistência pegajosa. No fim do segundo ensaio, o dique permaneceu com a consistência pegajosa e, ao testar a sua elasticidade, verificou-se que tinha menor espessura e maior alongamento quando comparado com um dique novo. Após o terceiro ensaio, o dique ensaiado encontrava-se com uma cor diferente, mais brilhante e ondulado, ainda com consistência pegajosa (Figura 6.19). Neste último ensaio, ao testar a sua elasticidade, o dique cedeu e rompeu. Concluiu-se, assim, que o dique não suportaria a ação da CIP e nem o movimento da válvula de enchimento, pelo que este ensaio considerou-se negativo.

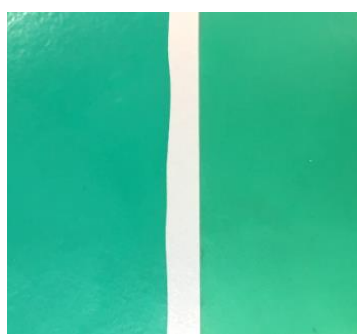


Figura 6.19 – Dique ensaiado (à esquerda) e dique novo (à direita).

6.11 Válvula de enchimento com peça cônica alterada: membrana

Tendo sido verificado que o retentor não cumpria a sua função de vedação, foi torneada a peça cônica, sendo desbastada de modo a que uma membrana semelhante à que já se encontrava na válvula de enchimento pudesse ficar assente nesta. Para respeitar as medidas da peça cônica, a membrana foi cortada com um vazador, sendo também utilizado o freio que fixa a membrana ao veio, de uma forma idêntica à sua utilização habitual. Na Figura 6.20 é possível ver-se a peça cônica antes e depois de realizar esta modificação. Na Figura 6.21 é apresentada a membrana com as dimensões finais, vista de topo e da base.



Figura 6.20 – Peça cônica antes e depois da modificação.



Figura 6.21 - Membrana vista de topo e da base.

Foi realizado um teste com uma peça cônica nova e com outra usada, torneadas e montadas em duas válvulas de enchimento, para verificar se o facto de existir desgaste na peça cônica teria influência nos resultados.

Na manutenção semanal, ao abrir a válvula de enchimento, a zona da mola permanecia seca e sem resíduos em ambos os casos.

7 MODIFICAÇÃO PROPOSTA

Após diversos ensaios experimentais, realizados com a nova membrana ajustada à peça cónica, esta solução foi expandida para um ensaio piloto, aumentando-se o número de peças modificadas na enchedora, de modo a apurar se era uma solução ideal para a falha em estudo.

Neste capítulo é também apresentada uma análise de custos referente à solução proposta, comparando a despesa relativa à manutenção da falha em 2016 com o custo da implementação da solução proposta, sendo que esta pode ser realizada internamente ou recorrendo a um serviço externo.

7.1 Ensaio piloto

Após concluir os ensaios efetuados na válvula de enchimento, a solução proposta foi expandida para mais quatro válvulas de enchimento, ficando no total seis peças modificadas na enchedora. No decurso do estudo, nas manutenções semanais, observou-se que algumas das peças modificadas permitiam pequenas fugas de produto, quantidade insuficiente para criar resíduos, mas suficiente para depositar líquido na zona da mola. Como tal, ao analisar essas as membranas, verificou-se que estas se encontravam com um ajustamento irregular, como se pode observar na Figura 7.1, onde estão representadas duas membranas diferentes. Com o mau ajustamento da membrana, esta ainda permitia a passagem de líquido através da peça modificada.

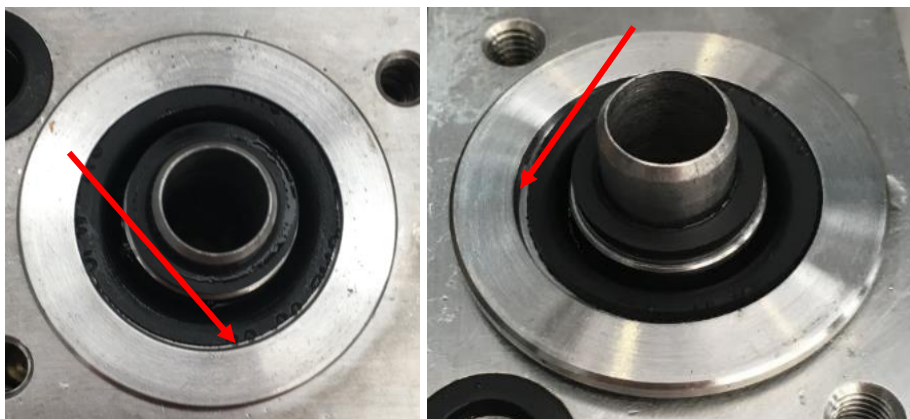


Figura 7.1 – Exemplo de duas membranas com ajustamento irregular.

Perante a dificuldade de obter o formato pretendido da membrana, com o furo centrado e com diâmetro exterior de $\varnothing 30\text{mm}$, solicitou-se a um fornecedor interno para desenhar e construir uma membrana com as medidas pretendidas, contendo uma malha de fibra no seu interior, como a original utilizada no veio. Após a obtenção das membranas padronizadas, estas foram testadas.

Na Figura 7.2 é possível observar duas membranas pertencentes a válvulas diferentes, onde ambas assentam perfeitamente na peça cónica modificada.

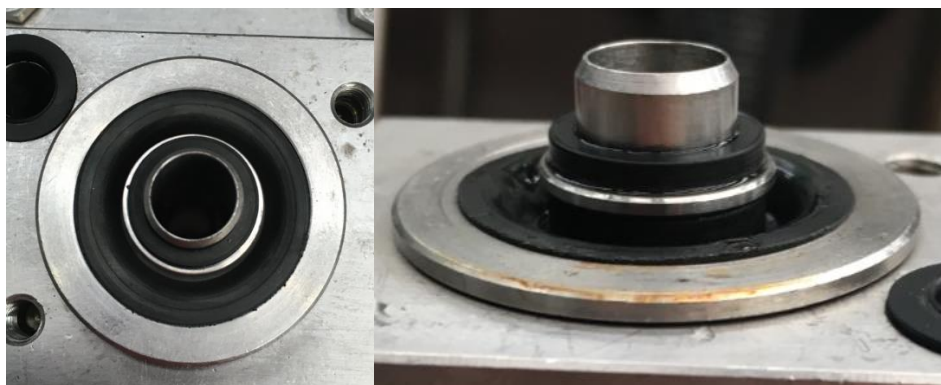


Figura 7.2 - Membranas padronizadas.

Antes de as colocar na enchedora para testar o seu funcionamento, as membranas encomendadas foram testadas em laboratório, para verificar a sua resistência aos componentes da CIP e à temperatura, como noutros dois ensaios à membrana já referidos (Item 6.2 e Item 6.10).

Recorrendo a outro fornecedor interno, foi pedido um orçamento para a maquinação da peça cônica, já com a modificação, através de CNC (*Computer Numerical Control*), uma vez que é uma forma automatizada de maquinar peças que permite simultaneamente uma maior precisão, uma maior cadência de produção e uma redução de custos para a produção de grandes séries (CNC, 2017). Na Figura 7.3 é apresentada a peça cônica antes e depois da modificação, com as respectivas cotas, sendo apenas apresentadas as cotas que sofreram alteração.

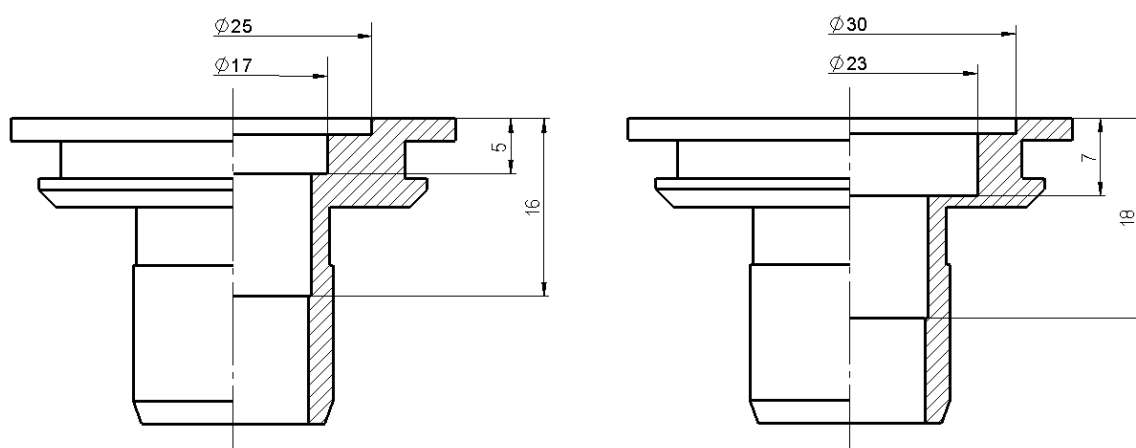


Figura 7.3 – Desenho técnico da peça cônica antes e depois da modificação proposta.

Na Figura 7.4 pode ver-se uma fotografia da peça cônica com a modificação proposta.

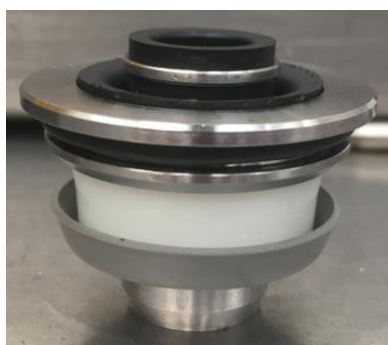


Figura 7.4 – Peça cônica com a modificação proposta

7.2 *Análise de custos*

Em geral, os custos contabilísticos de manutenção distribuem-se por: mão-de-obra, custo padrão por hora por homem, material, custo das peças retiradas de armazém e custo de serviços aplicados por terceiros (Cabral, 2006).

Analisando o caso em estudo, esta avaria incorre nesses custos aos quais acrescem dois, um específico do equipamento e um específico da linha de enchimento, que a seguir se apresentam:

- Mão-de-obra: apenas é necessário um operador para reparar uma válvula de enchimento, que demora, em média, cerca de vinte minutos e admite um custo fixo;
- Material: consideram-se os custos da substituição de dois componentes, nomeadamente a membrana e o freio;
- Serviços: não existem custos associados a serviços externos;
- Despejo da cuba: para reparar uma avaria nas válvulas de enchimento é necessário esvaziar a cuba da enchedora, contendo produto a ser enchido que é desperdiçado;
- OPI (*Operational Performance Indicator*): a perda de eficiência de uma linha, designada por OPI, pode ser calculada medindo o tempo de paragem de produção, neste caso devido à reparação da falha na válvula de enchimento.

Apresenta-se na Tabela 7.1 a estimativa dos custos contabilísticos de manutenção da falha em estudo em 2016. Está dividida pelo tipo de custos mencionados e dos seus componentes, de acordo com os tempos respetivos e considerando o número de avarias ocorrido nesse ano, que foi de 43.

É de notar que os operadores funcionam com a cuba da enchedora de garrafas a 30% da sua capacidade, sendo essa quantidade desperdiçada em cada avaria numa válvula de enchimento.

Em relação ao OPI obtido em 2016, a Linha 1 teve um OPI correspondente a 11 000€, valor atribuído a cada 1% de perda de eficiência. Quanto às horas de funcionamento da linha, estas foram obtidas pela consulta dos registos em SAP PM.

Tabela 7.1 - Custos contabilísticos de manutenção da falha em 2016.

Mão-de-obra	Tempo de reparação	172,00 €
	Custo de mão-de-obra	
	Nº de avarias	
Material	Membrana (Peça nº 4)	545,24 €
	Freio	
	Nº de avarias	
Serviços externos	Não	24408,09 €
Despejo da cuba	Capacidade da cuba (30%)	
	Preço do produto/L	
	Nº de avarias	
OPI	Tempo de reparação	3671,70 €
	Nº de avarias	
	Tempo de funcionamento Linha 1 em 2016	
	OPI de 2016	
Total		28797,03 €

Relativamente à modificação proposta, a análise de custos abrange como mão-de-obra, a construção da peça cónica, e os materiais utilizados são já existentes no veio da válvula de enchimento, mudando o local de aplicação e a sua geometria. A construção da peça cónica pode ser dividida em duas análises, uma contempla a modificação interna das peças, torneando-as, e a outra contempla a construção de peças novas em CNC. Como tal foi realizada uma análise de custos para cada uma. Na Tabela 7.2 é apresentada a análise de custos com a modificação interna e na Tabela 7.3 com construção de peças em CNC.

Tabela 7.2 – Valor da modificação proposta por peça cónica (modificação interna).

Mão-de-obra	Tempo de construção	1,66 €
	Custo de mão-de-obra	
Material	Membrana	12,68€
	Freio	
Serviços externos	Não	0 €
Despejo da cuba	Não	0 €
OPI	Não	0 €
Total		14,34 €

Tabela 7.3 – Valor da modificação proposta por peça cónica (construção em CNC).

Mão-de-obra	Não	0 €
Material	Membrana	12,68 €
	Freio	
Serviços externos	Construção da peça cónica	12,50 €
Despejo da cuba	Não	0 €
OPI	Não	0 €
Total		25,18 €

Uma vez que a enchedora tem 120 válvulas de enchimento e é necessário providenciar peças sobresselentes em caso de alguma avaria ou perda de material, o valor final obtido para realizar a modificação em 130 peças é de 1864,20€, para uma modificação interna, e de 3273,40 €, para a construção de peças em CNC.

Comparando os dados apresentados nas Tabelas 7.1, 7.2 e 7.3, constata-se que a modificação poderá corresponder a uma considerável redução de custos de manutenção.

8 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O presente trabalho foi efetuado no decurso de um estágio curricular de seis meses, tendo sido possível trabalhar autonomamente com plano e atividades próprios. Os objetivos delineados foram atingidos, tendo sido feito o estudo do funcionamento da linha e equipamentos onde se localizava uma falha a ser estudada a qual foi solucionada.

Ao realizar o estudo numa unidade fabril, foi possível adquirir competências organizacionais relativas ao TPM e ao método *Kaizen* que nela são aplicados.

O TPM, como método que permite gerir uma organização através de orientações metodológicas, providencia uma manutenção tanto eficaz como eficiente, sendo os operadores que o aplicam, de um modo autónomo.

Foi preenchido o formulário com a aplicação do método *Kaizen*, adaptado pela empresa (Anexo H - rosto e verso). Ao completar cada passo do formulário, foi possível analisar com pormenor cada variável e avaliar todas as características da válvula de enchimento, quanto ao seu funcionamento e ao modo de falha em estudo. Essa metodologia permitiu fazer a organização global do presente estudo.

A paragem semanal da Linha 1 para realização da manutenção periódica, proporcionou o acompanhamento direto das válvulas de enchimento, permitindo completar a informação pesquisada e a análise dos catálogos. No entanto, exigiu um planeamento de atividades versátil na medida em que a sua ocorrência depende de decisões superiores relacionadas com a estratégia de produção. Essa paragem permitiu, também, observar e aprender com os operadores.

O procedimento experimental proporcionou a exclusão sucessiva de hipóteses para a causa da falha, com a aplicação do método *Kaizen*, tendo sido encontrada uma causa

inesperada. De facto, a falha surgia de uma área no qual o produto não circula e a montante da sua circulação. Esta hipótese não tinha sido inicialmente colocada nas abordagens da SCC relativas à falha.

Os ensaios experimentais realizados foram planeados de acordo com as características da válvula de enchimento e da falha em estudo. Estes iniciaram-se pelo componente em contacto direto com produto, a membrana, seguiram pela zona onde se encontrava depósito de resíduos, zona da mola e escape. Tendo sido negativos, os ensaios terminaram na peça cónica, componente que não contacta com produto, o que se deveu a dados obtidos no ensaio precedente em que apareceram resíduos de duas cores, devidos a dois produtos diferentes, que levaram ao pensamento de que a passagem inapropriada de produto provinha de cima, o que se comprovou.

Seguidamente foi efetuada uma proposta de solução, que foi bem sucedida no ensaio piloto, procedendo-se a uma análise dos custos e do benefício possível com essa intervenção. Essa solução consiste na modificação da peça cónica, alterando as suas dimensões, inserindo uma membrana e um freio, componentes já existentes no veio da válvula de enchimento, alterados na sua configuração para serem posicionados na peça cónica, substituindo o retentor.

Na análise de custos, o torneamento de peças já existentes, que apenas precisam de ser modificadas, apresenta uma vantagem económica uma vez que não ocorre duplicação de peças. A construção de peças novas por CNC permite maior precisão, inibindo erro humano, mas encarece a sua solução.

A solução que era praticada na SCC para solucionar esta falha consistia em substituir dois componentes pertencentes ao veio, a membrana e o freio. Como tal, na análise de custos de 2016 foram calculados os custos com esses componentes. No entanto, a modificação proposta contempla esses mesmos dois componentes, agora inseridos na peça cónica, mas com alterações relativas à sua dimensão original e contabilizados na análise de custos da modificação proposta.

Examinando a análise de custos efetuada, observa-se que, em 2016, relativamente a falha em estudo, a quantia gasta foi significativamente maior que o valor da modificação proposta. Analisando o gráfico na Figura 5.2 é possível observar que o número de avarias nas válvulas de enchimento tem tendência a aumentar ao longo dos anos, sendo previsível

despender uma quantia cada vez maior para a resolução da avaria em cada ano. Ao implementar a modificação proposta, prevê-se que o número de avarias reduza bastante, possivelmente até poderá ser eliminado, permitindo a poupança da quantia que estava a ser gasta na resolução da avaria. O valor da implementação da modificação proposta é inferior ao valor despendido anualmente e é necessário ser aplicado apenas uma vez.

Das atividades planeadas para o estudo, foi realizada a catalogação da solução proposta em conjunto com o catálogo do equipamento. A sua finalização aguarda a ultimação dos ensaios em curso para a expansão da modificação.

Paralelamente, realizaram-se instruções de trabalho sobre a montagem e desmontagem da válvula de enchimento. Essa atividade acompanhou as atividades anteriormente mencionadas e proporcionou a aquisição de uma maior compreensão do funcionamento da válvula de enchimento e de cada componente, de cada canal e cada produto que passava por estes.

Durante a elaboração da tese a SCC foi submetida a uma auditoria pela Heineken, na qual foi apresentado o *Kaizen* relativo ao presente estudo. Essa apresentação consistiu numa proposta de resolução da falha detetada e visa aumentar o rendimento da enchedora, diminuindo as avarias nas válvulas de enchimento e, por sua vez, aumentando o rendimento da linha por um todo.

Uma síntese da atividade desenvolvida no presente estudo foi submetida, sob a forma de um artigo científico, em coautoria com o Professor orientador da tese de mestrado e o Engenheiro supervisor do estágio, para a revista *Engineering Failure Analysis* do grupo *Elsevier*, aguardando resposta.

9 CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho consistiu no estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento. Foi estudado o seu funcionamento, bem como da enchedora que a contém. Foi analisada a falha e realizados diversos ensaios para a sua identificação.

A falha consistia no depósito de resíduos caramelizados na zona da mola da válvula de enchimento, que impediam o seu funcionamento correto, requerendo a paragem de produção e a abertura da válvula para solucionar um problema considerado recorrente.

Após reconhecer que a falha provinha da parte superior da válvula de enchimento, permitindo a passagem de produto através de um componente desta, foi proposta uma melhoria que consistiu em modificar uma peça sua constituinte. Essa modificação consistiu na alteração da peça cónica e da inserção de uma membrana e de um freio nesta. Foi ensaiada essa modificação em diversas válvulas e comprovado que, de facto, é uma proposta de melhoria viável, que impede o depósito de resíduos caramelizados.

A implementação da solução proposta foi testada com sucesso em ensaio piloto e implementada em seis válvulas de enchimento. A modificação proposta para a peça cónica da válvula de enchimento foi devidamente documentada através de desenhos técnicos, os quais foram anexos ao catálogo do equipamento.

A análise de custos referente à proposta de melhoria revela a vantagem da implementação da modificação proposta, onde se obtém uma poupança de cerca 26 mil euros ao implementá-la, uma vez que ficou demonstrado ser possível eliminar o desperdício existente e evitar uma despesa desnecessária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bussiness Dictionary, <http://www.businessdictionary.com/definition/total-productive-maintenance-TPM.html> (Consultado a 25 de Setembro de 2017)

Cabral, J., Organização e gestão da manutenção, 5ª edição, Lidel, 2006

Carlson, C., Effective FMEAs, John Wiley & Sons, 2012.

http://www.effectivefmeas.com/uploads/Failure_Mode_and_Effects_Analysis__FMEA__for_publication.pdf (Consultado a 24 de Agosto de 2017)

CNC, <http://www.cnc.com/the-benefits-of-computer-numerical-control-cnc/> (consultado em 20 de Outubro de 2017)

Coelho, A., Implementação da Total Productive Maintenance (TPM) numa Empresa de Produção, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Perfil de Manutenção e Produção, 2008

European Standard EN 13306 – Maintenance terminology, 2001

Fabricante, “Formação Innofill DRS ZMS”, 2013

Fabricante, “Innofill ER – SVF Catalog”, 1996

Fabricante, “Innofill ER (ZMS) 120 Lista de peças 1”, 1996

Fabricante, “Innofill ER (ZMS) 120 Lista de peças 2 e peças de comércio”, 1996

Fabricante, “Innofill Instruções de operação, máquina de engarrafar ER (ZMS) 120”, 1996

Garcia, P., Implementação da metodologia Kaizen no entreposto de logística inversa da Worten., Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, 2014

Hygenic, <http://www.hygenic.com/products/film/hytoner-natural-rubber-latex-film.html>, (consultado em 24 de Agosto de 2017)

Imai, M., “Kaizen: the key to Japan’s competitive success”, United States of America: Mcgraw-Hill, 1ª edição, 1986

Institute, K., “Introdução ao Kaizen”, Kaizen Institute, 2015

Institute, K, <https://pt.kaizen.com/quem-somos/masaaki-imai-kaizen-pioneer-author-speaker.html> (Consultado a 07 de Julho de 2017)

Kelly, A., «Chapter 13 - Total productive maintenance: its uses and limitations», *Plant Maintenance Management*, Volume 2, pp 247 a 265, Set, 2006. <https://doi.org/10.1016/B978-075066995-5.50030-8>

Kiran, D. R., «Chapter 13: Total Productive Maintenance», *Total Quality Management, Key Concepts and case Studies*, pp 177 a 192, 2017,. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811035-5.00013-1>

Marketeer nº239, <http://marketeer.pt/wp-content/uploads/2016/06/cervej.pdf>, Junho 2016 (Consultado a 20 de Junho de 2017)

Moore, R., «Chapter 8 – Kaizen», *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools, What Tool? When?*, pp 159 a 172, 2007,. <https://doi.org/10.1016/B978-075067916-9/50009-6>

Moubray, John, RCMII, Reliability-centred Maintenance, Butterworth Heinemann, Oxford, 1991

Nakajima, S., 1988, *Introduction to TPM*, 11ª edição, Cambridge, Productivity Press

Orlikowski J., «Krakowiak S. Pitting corrosion and stress-corrosion cracking of buffer tanks in a brewery», *Engineering Failure Analysis*, vol. 29, pp 75-82, Abril 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2012.10.013>

Rahaman, M.F., Bari, S., Veale D., «Flow investigation of the product fill valve of filling machine for packaging liquid products», *Journal of Food Engineering*, vol 85, n. 2, pp 252-258, Março 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.020>

Ridgway, J. S., Henthorn, K. S., Hull, J. B., «Controlling of overfilling in food processing», *Journal of Materials Processing Technology*, vol 92-93, pp 360-367, Ago. 1999. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(99\)00114-4](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(99)00114-4)

Rodriguez-Garcia, M., Rojas, M., Pérez, M., «Procedures for testing valves and pressure transducers with molten salt», *Applied Thermal Engineering*, vol 101, pp 139-146, Maio 2016.

<http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.02.138>

SCC, <http://www.centralcervejas.pt> (Consultado a 20 de Junho de 2017)

Teixeira, B., Melhoria do sistema de gestão da qualidade microbiológica da Filtração de cerveja, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, 2014

Venkatesh, J., An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM), http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml (Consultado a 03 de Julho de 2017)

Villacourt, M., «Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry», *Technology Transfer #92020963B-ENG*, International SEMATECH, Set. 1992.

<http://www.sematech.org/docubase/document/0963beng.pdf> (Consultado a 24 de Agosto de 2017)



WHO, Global status report on alcohol,

http://www.who.int/substance_abuse/publications/global_alcohol_report/msb_gsr_2014_1.pdf?ua=1, 2014, página 31 (Consultado a 03 de Julho de 2017)

ANEXOS

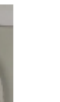

Anexo A – Exemplo de uma LUP



<p>SCC – SOCIEDADE CENTRAL DE CERVEJAS E BEBIDAS, S.A.</p> <p align="center">LUP</p>				
<p>Área:</p> <p>Materia</p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> C.Básico</p> <p><input type="checkbox"/> Melhoria</p>	<p><input type="checkbox"/> Problema</p> <p><input type="checkbox"/> Segurança</p>	<p>31*</p>	
<p>Pilar:</p> <p><input type="checkbox"/> Manutenção Autónoma</p> <p><input type="checkbox"/> Manutenção Planeada</p>	<p><input type="checkbox"/> Formação e Treino</p> <p><input type="checkbox"/> Melhoria Específica</p>	<p><input type="checkbox"/> Higiene, Segurança e Ambiente</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Qualidade</p>		
<p>Elaboração: Sofia Ferreira</p>	<p>Data: 11/1/2016</p>	<p>Aprovação: Maria José Sousa</p>	<p>Data: 11/1/2016</p>	
<p>Nota: Inspeção semanal do filtro de ar do painel de arreamento do mosto</p>				



Atenção: Respeitar as regras de segurança definidas.
Com a máquina em funcionamento não tocar em partes demasiado quentes

1. Abrir os filtros de cada sala todas as semanas no fim de produção.
2. Garantir que o filtro está em boas condições, sem deformação ou resíduos de mostarda.
3. No caso de o filtro não estar em boas condições, substituir por um novo filtro





Garantir que após a inspeção há esterilização do circuito que inclui o filtro

Bsp 020 - 11/2012 V. TPM

12

[illegible]

Nota: Todos os colaboradores que tiverem formação devem assinar.

Bsp 020 - 11/2012 V. TPM

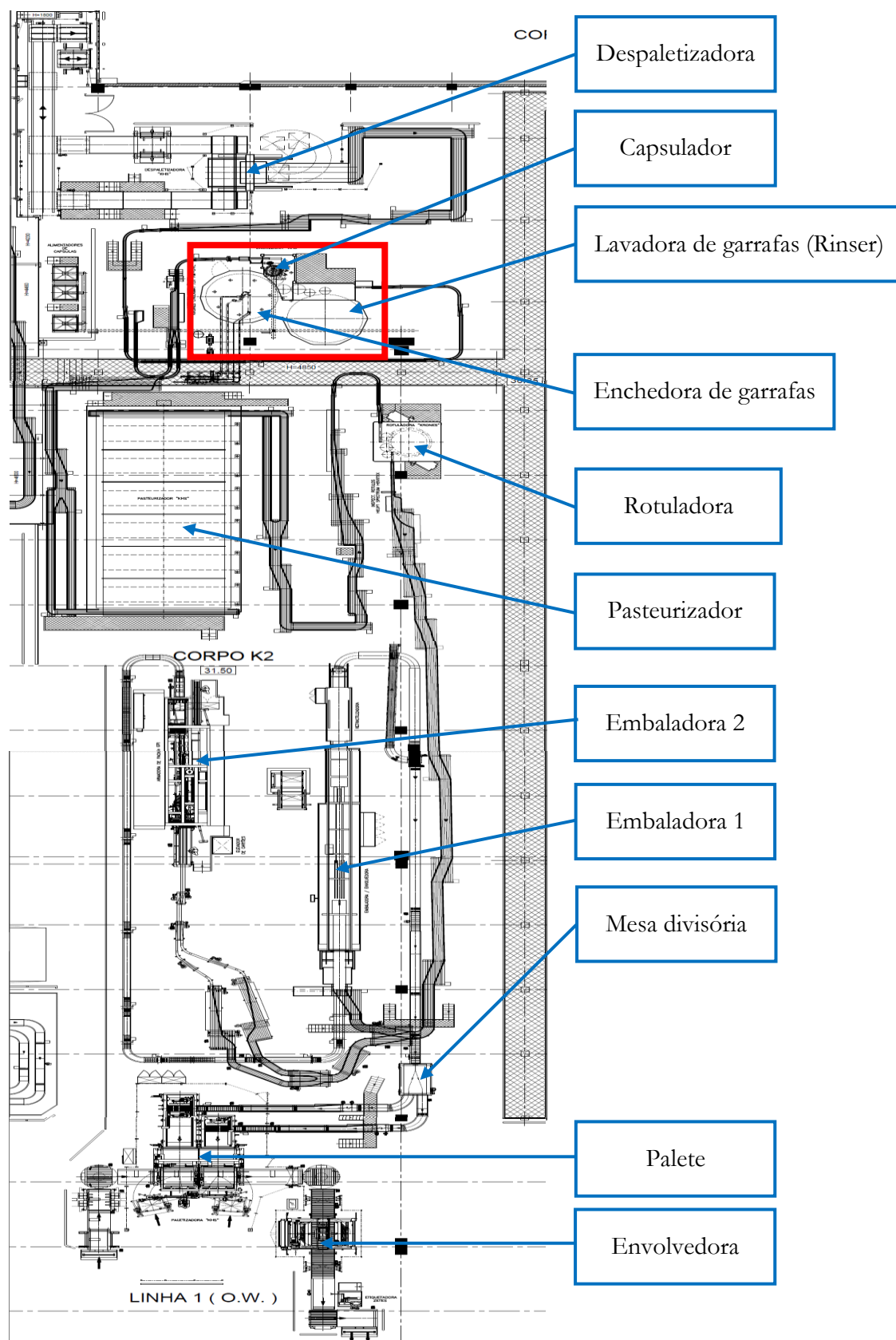
32

Anexo B – Exemplo de uma auditoria 5S

Central Cervejas e Bebidas		Auditoria 5S		TPM		Área	Auditor	Data
S	Nr	Elemento	Condição	0	1	2	3	Pontuação
SELECCIONAR	1	Armários Bancadas (secretárias e armários da sala de controlo e laboratório)	Só estão no local os objectos e documentos que pertencem à Área					Resultado
	2	Ferramentas Auxiliares	Só estão no local as ferramentas auxiliares que pertencem à Área					
	3	Consumíveis	Só estão no local os consumíveis de utilização regular e que que pertencem à Área					
	4	Laboratório	Só estão no local os objectosequipamentosprodutos de utilização regular e que que pertencem ao local					
	5	Terciário	Só estão no local os objectosequipamentosprodutos de utilização regular e que que pertencem ao local					
	6	Arejamento	Só estão no local os objectosequipamentosprodutos de utilização regular e que que pertencem ao local					
	7	Centrifuga/Armazém	Só estão no local os objectosequipamentosprodutos de utilização regular e que que pertencem ao local					
	8	Em redor da área	Não existem objectos irrelevantes em redor dos equipamentos e zonas de passagem					
	Avaliação do "S" - SELECCIONAR		Na avaliação do 1º "S" foi detectada mais que 1 anomalia? Nota: Se respondeu SIM, avance para o "S" Segurança; se respondeu NÃO avalie o próximo "S"	NÃO	SIM			
SELECCIONAR	10	Armários Bancadas (secretárias e armários da sala de controlo e laboratório)	Objectos e documentos estão arrumados segundo o padrão (marcação, caixa, pasta, etiquetas de identificação dos locais), inventário no canto superior esquerdo dos armários/gavetas (excepto armários com portas de vidro)					Resultado
	11	Ferramentas Auxiliares	Arrumadas em suportes identificados (placa de identificação) e fotografia (apenas nos suportes que têm duas ou mais Ferramentas Auxiliares)					
	12	Consumíveis	Arrumados em locais identificados (placa de identificação)					
	13	Laboratório	Objectosequipamentosprodutos arrumados em locais identificados (placa/etiquetas de identificação)					
	14	Terciário	Objectosequipamentosprodutos arrumados em locais identificados (placa/etiquetas de identificação)					
	15	Arejamento	Objectosequipamentosprodutos arrumados em locais identificados (placa/etiquetas de identificação)					
	16	Centrifuga/Armazém	Objectos arrumados em locais identificados (placa/etiquetas de identificação)					
	17	Utensílios de Limpeza	Arrumados em locais identificados, fotografia do padrão de organização e inventário no canto superior esquerdo caso estejam arrumados em armários					
	18	Contentores e Baldes de Resíduos	Existem na quantidade necessária, têm a capacidade adequada e estão arrumados em locais identificados (marcação do local e placa de identificação do resíduo)					
Avaliação do "S" - ORGANIZAR		Na avaliação do 2º "S" foi detectada mais que 1 anomalia? Nota: Se respondeu SIM, avance para o "S" Segurança; se respondeu NÃO avalie o próximo "S"	NÃO	SIM				
SELECCIONAR	19	Armários Bancadas (secretárias e armários das salas de controlo e bancadas de apoio à área)	Limpos conforme plano de limpeza, sem pó ou outros resíduos					Resultado
	20	Equipamentos	Limpos conforme plano de limpeza, sem pó ou outros resíduos					
	21	Laboratório	Limpo conforme plano de limpeza, sem pó ou outros resíduos					
	22	Terciário	Limpo conforme plano de limpeza, sem pó ou outros resíduos					
	23	Arejamento	Limpo conforme plano de limpeza, sem pó ou outros resíduos					
	24	Centrifuga/ Zona de contentores	Limpo conforme plano de limpeza, sem pó ou outros resíduos					
	25	Contentores e Baldes de Resíduos	Limpos, sem pó e outros resíduos					
Avaliação do "S" - LIMPAR		Na avaliação do 3º "S" foi detectada mais que 1 anomalia? Nota: Se respondeu SIM, avance para o "S" Segurança; se respondeu NÃO avalie o próximo "S"	NÃO	SIM				
SELECCIONAR	27	Quadros de Gestão	Documentação está organizada por tema, actualizados e o quadro está limpo					Resultado
	28	Placas de Identificação	Cumprem o padrão e estão bem mantidas (placa azul letras brancas)					
	29	Marcações no Chão	Cumprem o padrão e estão bem mantidas (marcação cor amarela)					
	30	Gestão Visual	Cumprem o padrão e estão bem mantidas (faixa de trabalho nos manómetros, termómetros; conteúdo e sentido do fluxo das tubagens, identificação dos níveis, identificação das botoneiras)					
	31	Produtos de Limpeza/Químicos	Existem níveis de stock máximo					
	32	Plano de Limpeza	Existe plano, contempla toda a área e cumpre o padrão					
	Avaliação do "S" - PADRONIZAR		Na avaliação do 4º "S" foi detectada mais que 1 anomalia? Nota: Se respondeu SIM, avance para o "S" Segurança; se respondeu NÃO avalie o próximo "S"	NÃO	SIM			
SELECCIONAR	33	Produtos de Limpeza/Químicos	As quantidades cumprem os níveis de stocks					Resultado
	34	Separação de Resíduos	São separados de acordo com as normas vigentes					
	35	Plano de Acção (Checklist 5S)	O resultado da auditoria está visível e as acções da última auditoria foram implementadas					
	36	Equipamentos/Quadros eléctricos	Os sistemas eléctricos e protecções físicas de segurança estão em bom estado e sinalizados. Quadros Eléctricos estão fechados e com a sinalização de segurança					
	37	Zonas Perigosas	Os perigos estão devidamente sinalizados (ex. símbolo de asfixia, queimadura)					
	38	Botoneiras de paragem de emergência	O acesso às botoneiras de paragem de emergência está desimpedido e estão sinalizadas com a "bolacha-PARAGEM DE EMERGÊNCIA"					
	39	Vias de Circulação	As vias de circulação das pessoas e veículos estão desobstruídas					
SELECCIONAR	40	Mangueras de Água, Ar, Aspirador e Cablagens	Estão enroladas e correctamente instaladas (enrolado/cablagens)					Resultado
	41	Produtos Químicos	Arrumados (marcação do local, das bacias de retenção e placa de identificação); Fichas de dados de segurança colocadas em capas de rebordo amarelo e próxima do local; o stock respeita capacidade das bacias; recipientes de medição e transferência identificados com o produto					
	42	Ergonomia	As ferramentas e os utensílios de limpeza estão arrumados à altura adequada tornando o acesso fácil					
	43	Sinalização dos EPI's	Os locais onde a utilização dos Equipamentos de Protecção Individual é obrigatória estão claramente sinalizados					
	44	Equipamentos de Protecção Individual	Os EPI's estão arrumados e disponíveis em local acessível e identificado					
	45	Caixas de Primeiros Socorros	Verificar se as caixas estão sinalizadas, completas, se os produtos estão dentro da validade e se são de fácil acesso					
	46	Equipamentos de Emergência	Os chuveirorlava-olhos estão sinalizados e inspecionados, limpos e a funcionar. Carretéis, extintores estão sinalizados e o acesso está desobstruído					

[illegible]

Anexo D – Layout linha de enchimento



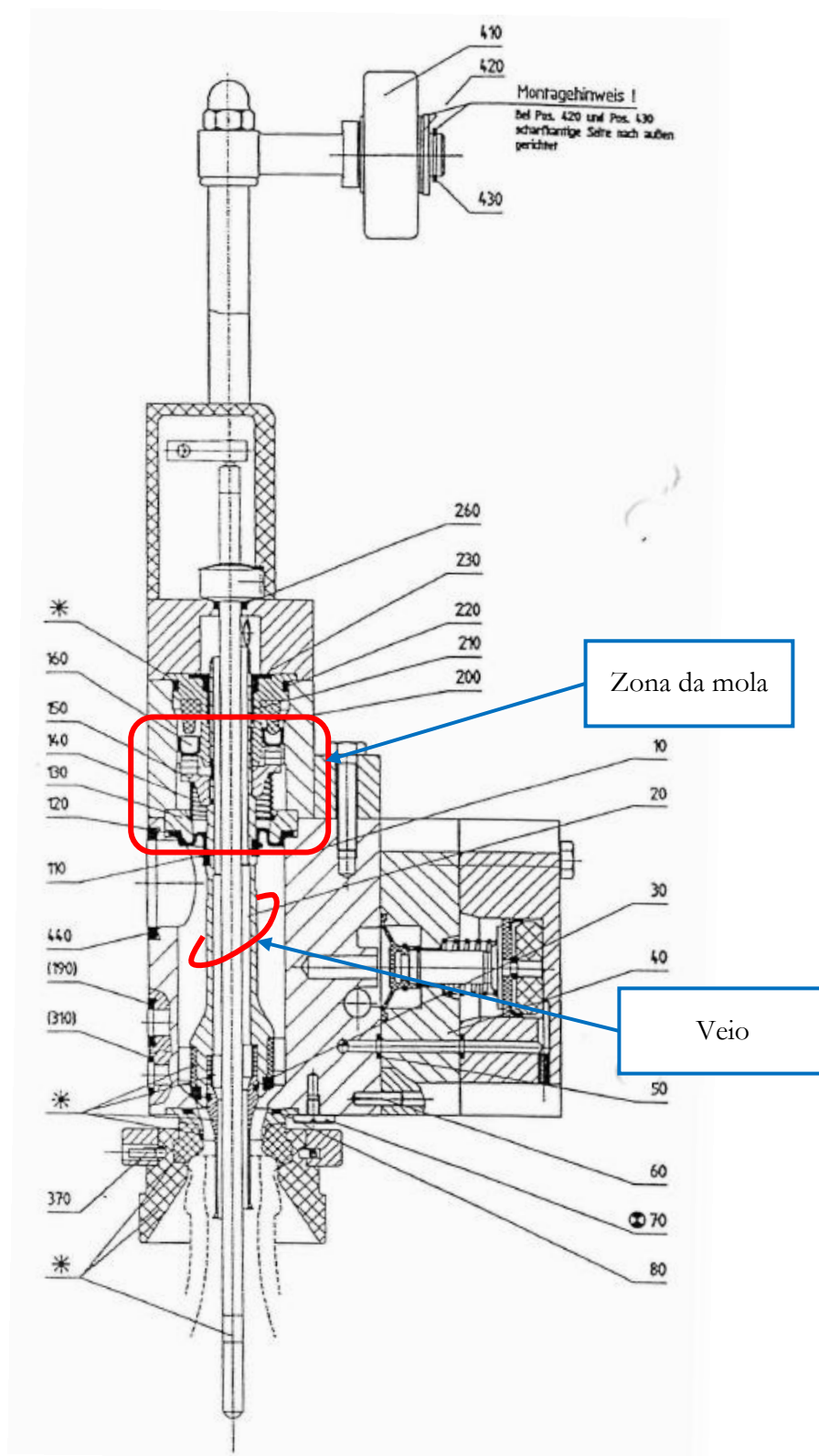
Anexo E – Estrutura da enchedora em SAP PM

Equipamento	33181001	Vál.desde
Denominação	ENCHEDORA KHS INNOFILL L1	
▼ 33181001	ENCHEDORA KHS INNOFILL L1	10552001
▼ Enchedora Khs Innofill Er 47119 1996	I3181	
▶ SISTEMA ELECTRICICO	I31811	
▼ Cuba de Enchimento	I31812	
▶ Cuba Superior	I318121	
• Centro de Comando da Enchedora	I3181211	
▼ Valvulas de Enchimento	I3181212	
• Corpo da Valvula	I31812121	
• Bloco de Acionamento da Valvula	I31812122	
▼ Suspensor	I31812123	
• Tulipa de Centragem	I318121231	
• Suspensor de Tulipa	I318121232	
• Rampa Dos Roletes	I318121233	
• Garrafas Falsas Limpeza Valv Enchimento	I3181213	
▶ Cuba Inferior	I318122	
▶ Cilindros de Elevacao	I3181221	
▼ Cuba	I318123	
• Sistema de Elevacao	I3181231	
• Sistema de Distribuicao de Fluidos	I3181232	
▼ Coluna Central	I3181233	
• Coletor Inferior	I31812331	
• Coletor Superior	I31812332	
▶ Capsulador	I31813	
▼ Capsula Normal	I318131	
▼ Tremonha de Capsulas	I3181311	
• Jogo de Reparacao do Tambor	I31813111	
• Exterior da Tremonha	I31813112	
• Guia de Transporte de Capsulas	I3181312	
• Distribuicao de Capsulas	I3181313	
• Dispositivo Agitador de Capsulas	I3181314	
• Sistema de Viragem de Capsulas	I3181315	
• Dispositivo de Fecho	I3181316	
▼ Capsula Easy Open	I318132	
• Bases	I3181321	
• Estrutura	I3181322	
• Transporte de Capsulas	I3181323	
▶ Sistema de Acionamento	I31814	
▼ Acionamento Principal	I3181411	
• Ventilador	I31814111	
• Motor	I31814112	
• Transmissao Motorreductor	I31814113	
• Redutor Principal	I31814114	
• Carreto do Redutor Principal	I31814115	
• Redutor do Sincronismo	I31814116	
▼ Acionamento Intermedio	I3181412	
• Rodas Dentadas	I31814121	
▼ Acionamento da Cuba	I3181413	
• Caixa de Ligacao Rinser de Transmissao	I31814131	
▼ Acionamento da Cuba	I3181414	
• Transmissao	I31814141	
• Redutor da Cuba	I31814142	
• Veio de Acionamento da Cuba	I31814143	

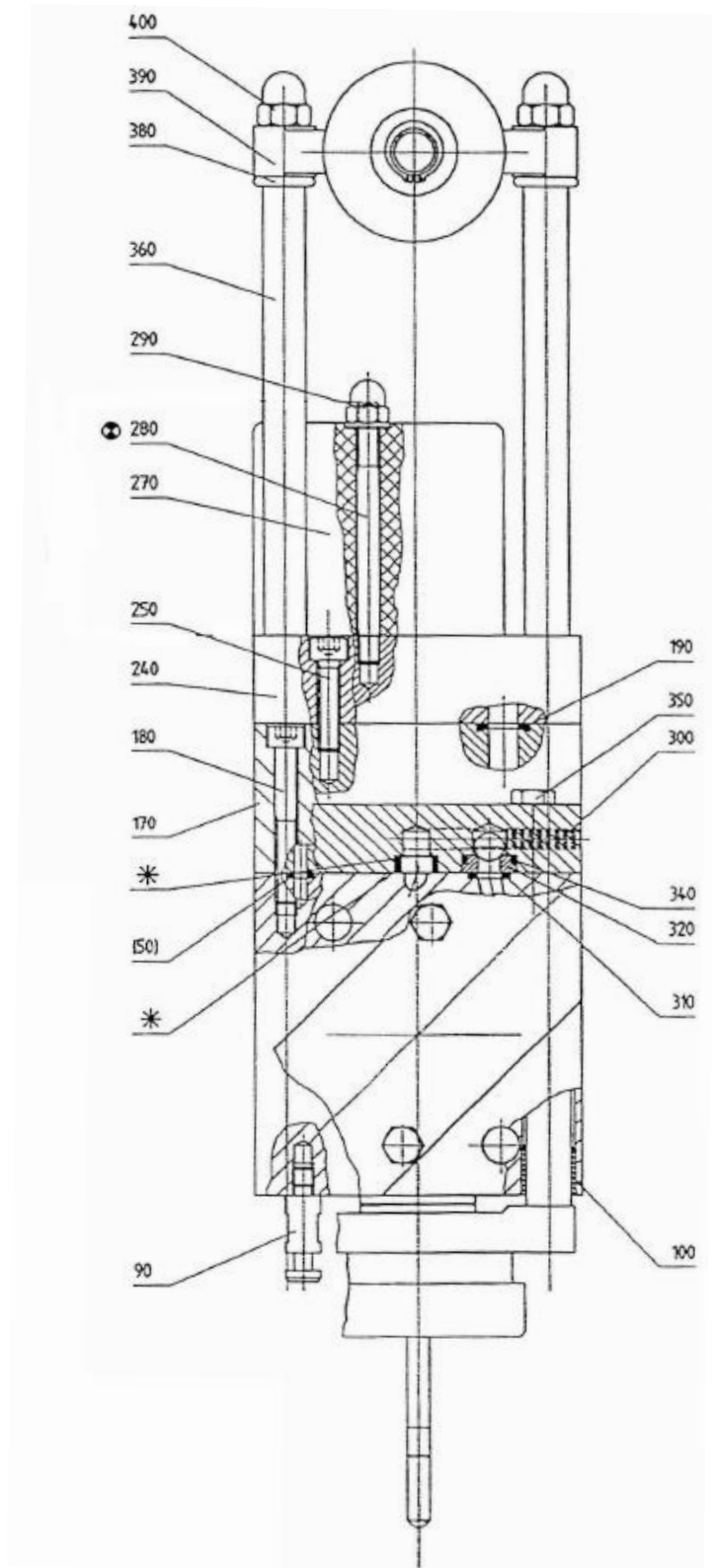
Estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento

▼	Transmissoes	I3181415	
•	Roda Dentada Afinacao Folga P10 59913989	I31814151	
•	Carreto Movimento Estrela P20 59913989	I31814152	
•	Roda Dentada Afinacao Folga P30 59913989	I31814153	
•	Carreto Movimento Estrela P40 59913989	I31814154	
•	Carreto Movim Estrela Cap P60 59913989	I31814155	
•	Carreto Movim Estrela Cap P70 59913989	I31814156	
▶	Carreto Redutor Principal P80 59913989	I31814157	
▼	Colunas	I3181416	
•	Coluna Apoio1 Entrada Cuba D59914905	I31814161	
•	Coluna Apoio2 Saida Cuba D59914906	I31814162	
•	Coluna Apoio3 Saida Capsul D59914906	I31814163	
▼	Guia de Passagem de Garrafas - Estrutura	I318142	
•	Pecas Para Reparacao Guias	I3181421	
•	Lubrificacao	I318143	
▶	JOGO DE MESA	I31815	
▼	0,33L	I318151	
•	Guias	I3181511	
•	Estrelas	I3181512	
•	Entrada de Garrafas	I3181513	
▼	0,25L Smart	I318152	
•	Guias	I3181521	
•	Estrelas	I3181522	
•	Entrada de Garrafas	I3181523	
▼	0,25L Diogo Cao	I318153	
•	Guias	I3181531	
•	Estrelas	I3181532	
•	Entrada de Garrafas	I3181533	
▼	Strongbow	I318154	
•	Guias	I3181541	
•	Estrelas	I3181542	
•	Entrada de Garrafas	I3181543	
▼	Bohemia	I318155	
•	Guias	I3181551	
•	Estrelas	I3181552	
•	Entrada de Garrafas	I3181553	
▼	Sistema de Alimentacao	I31816	
▼	Alimentacao de Cerveja	I318161	
•	Tubagens de Entrada de Cerveja	I3181611	
•	Valvula de Cerveja	I3181612	
•	Bomba de Cerveja Alimentacao Enchedora	I3181613	
▼	Alimentacao de Ar E Co2	I318162	
•	Instrumentacao da Cuba - Tubagens	I3181621	
•	Caudalimetro de Co2	I3181622	
•	Reguladores de Pressao	I3181623	
▼	Alimentacao de Agua	I318163	
•	Sistema Borst Bottle	I3181631	
•	Bomba de Vacuo	I318164	
▼	Sistema de Alta Pressao Hd	I318165	
•	Deposito Com Resistencia	I3181651	
•	Sistema de Esguicho	I3181652	
•	Bomba de Alta Pressao	I3181653	
•	Cip	I318166	
•	Cop	I318167	
▼	Estrutura	I31817	
▼	Sistema de Lubrificacao	I318171	
▼	Sistema de Seguranca	I318172	
•	Porta Enchedora - Portas de Seguranca	I3181721	
•	37531001	BOMBA VÁCUO ENCHEDORA L1	1055200:
•	41125001	SISTEMA ANTI-ESPUMICO ENCHEDORA L-1	1055200:
▼	41126001	SISTEMA ARREFEC CERVEJA LINHA 1 ENCHIM	1055200:
•	34989001	PERMUTADOR ARREFECIMENTO CERVEJA L1	1055:
•	37691001	BOMBA ARREFEC/ALIMENTAÇÃO CERVEJA L1	1055:

**Anexo F - Desenho técnico da válvula de enchimento
(vista lateral)**



***Anexo G - Desenho técnico da válvula de enchimento
(vista frontal)***



Anexo H – Kaizen avaria em estudo

Central Cervejas e Bebidas		Kaizen																																											
Área / Linha		1. Tema de melhoria																																											
Linha 1		Enchimento L1 - Pisão dos diagramas da válvula de enchimento																																											
2. Membros da equipa		3. Tipo de perda																																											
Nome	Função	Responsabilidade																																											
		<input checked="" type="checkbox"/> Avaria <input type="checkbox"/> Peq. Paragem <input type="checkbox"/> Mud. Formato <input type="checkbox"/> Tempo Limpeza <input type="checkbox"/> Energia <input type="checkbox"/> Quebra Material																																											
		<input type="checkbox"/> Reclamação <input type="checkbox"/> Defeito <input type="checkbox"/> Acidente <input type="checkbox"/> Incidente <input type="checkbox"/> Quase Acidente																																											
4. Porquê esta escolha (desdobramento da perda)		5. Descrição do problema / modo de falha																																											
<p>Y. Avarias</p> <p>Anomalias repetitivas</p>		<p>Falha aleatória nas literas válvulas de enchimento - seila de gamafas vazias e/ou a transbordar.</p> <p>Sineis prévios - fuga de ar através do escape - Escape entupido</p> <ul style="list-style-type: none"> Desenho técnico em Anexo Figura com esprema em Anexo 																																											
6. Objetivos		7. Master Plan																																											
Eliminar ou reduzir em 70% as avarias na válvula de enchimento por depósito de resíduos na mola 6		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Atividades</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>S5</th> <th>S6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descrição do problema</td> <td>W10-W11-W12-W13-W14-W15-W16-W17-W18-W19-W20-W21-W22</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Restaurar condições básicas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Análise da causa raiz</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Implementar ações e seguimento</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Padronização e treino</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Atividades	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Descrição do problema	W10-W11-W12-W13-W14-W15-W16-W17-W18-W19-W20-W21-W22						Restaurar condições básicas							Análise da causa raiz							Implementar ações e seguimento							Padronização e treino						
Atividades	S1	S2	S3	S4	S5	S6																																							
Descrição do problema	W10-W11-W12-W13-W14-W15-W16-W17-W18-W19-W20-W21-W22																																												
Restaurar condições básicas																																													
Análise da causa raiz																																													
Implementar ações e seguimento																																													
Padronização e treino																																													

Estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento

8. Detalhe do problema e análise											
Descrição do problema / modo de falha	Causas Potenciais								4M	Ações	
	1.º Porquê	Verificado	2.º Porquê	Verificado	3.º Porquê	Verificado	4.º Porquê	Verificado		Ações corretivas	Ações preventivas
Falha aleatória nos livros os rolamentos da válvula de enchimento	Curso do eixo 3 não é feito na totalidade	S	Presença de rolamentos na mola 6 onde apenas deveria haver o comprimido	S	Passagem da carga através da membrana 4	N	Através de minipistunas	N		Realização de teste de imersão da válvula para verificação de fugas	
							Passagem de rolamentos através da separação da membrana 4 pelos componentes CIP e COP	N		Simulação em laboratório das membranas com os livros componentes	
							Passagem da carga através da contra-pressão do comprimido com a pressão da cuba	N		Verificação das posições de funcionamento reais com as do fecho contra	
					Passagem de líquidos através do canal do escape	N				Modificação da válvula para alterar a posição do escape de forma a dificultar a escape de líquidos	
					Passagem de rolamentos através do anel 5	N				Modificação da forma do anel 5 para dificultar a passagem	
					Passagem de rolamentos por desgaste da malha entre o rio 3 e a membrana 4	N				Colocação do rio novo e membrana nova	
					Passagem de rolamentos entre o anel 5 e o bloco 15	N				Colocação do anel novo	
					Passagem de rolamentos através de folgas entre blocos velhos e peças novas	N				Colocação de uma válvula completamente nova de fábrica	
					Passagem de rolamentos através da peça 11	S				Verificação do novo depósito de cila de frutos remolhos do último enchimento	

204 2010000 - 01/2014 - 05C

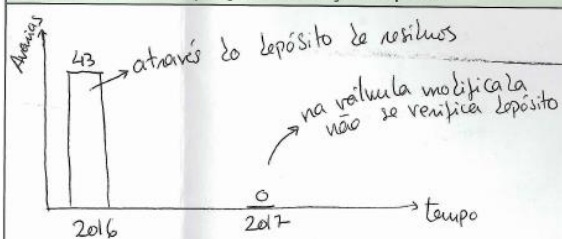
Descrição do problema/ modo de falha	1. Porquê	Verificado	2. Porquê	Verificado	3. Porquê	Verificado	4. Porquê	Verificado	5. Porquê	Verificado	HM	Ações Corretivas	Ações Preventivas
					Passagem de arruelas através da peça 11	S	Falta de folgas entre a peça 11 e a peça 12	N				Colocação de uma válvula completamente nova de técnica	
							Peça 12 deve passar arruelas na 1ª fase de enchimento		Falta de elasticidade para o movimento do veio 3			Modificação da peça 11 e 12	
									Existência de folgas entre o veio 3 e a peça 12 (mesmo com peças novas)			Modificação da peça 11 e 12	
									Falta de CO ₂ empurra os arruelas de elasticidade previamente devido na 1ª fase de enchimento			Modificação da peça 11 e 12	

Estudo de um caso de falha numa válvula de enchimento

9. Plano de ação

9. Plano de ação			
Ação	Quem	Data plan.	Data exec.
Compreensão do funcionamento de uma válvula de enchimento	SC	13/03	14/03
Apreensão da montagem e desmontagem de uma válvula de enchimento	MB	20/03	21/03
Teste de imersão	AP	27/03	29/03
Modificação da posição do escape	JM	19/04	20/04
Verificação da pressão de funcionamento	LR	10/04	10/04
Simulação em laboratório	PS	03/04	05/04
Reunião com representante KHS	MM	11/04	11/04
Manutenção nas válvulas de enchimento	JL	11/04	11/04
Realização do anel 5 com O-ring	MM	27/04	28/04
Colocação Colocação de peças novas e da válvula nova	PS	27/04	28/04
Verificação do depósito com a nota	FH	11/05	11/05
Modificação da Peça 11 com duplo retentor	JM	02/05	04/05
Modificação da Peça 11 com membrana	AP	25/05	26/05

10. Resultados / Poupança / Erradicação de perda



11. Padronização

Colocação das modificações no catálogo do equipamento

12. Ações futuras / Expansão horizontal

Realizar um ensaio com a sítima
modificação realizada durante um período
de tempo mais alargado

- Divulgar o problema e solução no portal Hei Q
- Comparação de custos entre a proposta da KHS (50mil) com fabrico ~~ext~~ interno (6302€)